

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-338861

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.CI.

H01L 21/027  
G02B 3/00  
G03F 7/20

(21)Application number : 2000-157332

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 26.05.2000

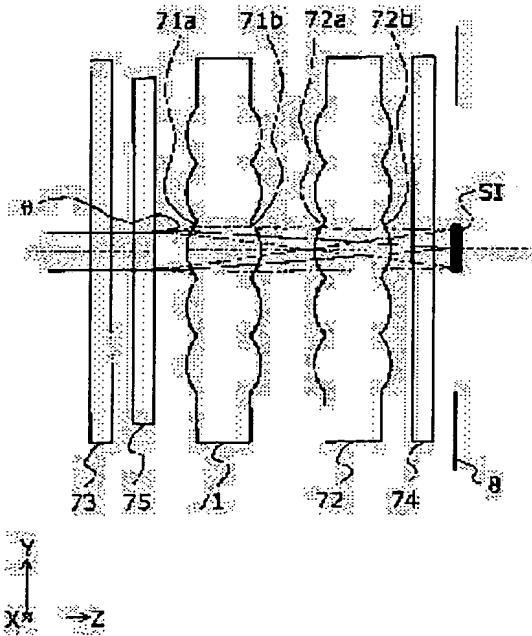
(72)Inventor : KUDO YUJI  
TANITSU OSAMU  
TOYODA MITSUNORI  
SHIBUYA MASATO

## (54) ILLUMINATION OPTICAL DEVICE AS WELL AS APPARATUS AND METHOD FOR EXPOSURE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce damage to an optical member in an illumination optical device.

**SOLUTION:** The illumination optical device comprises a light-source-image magnification means 75 which is arranged in a position conjugate with a face W to be irradiated, or in a part near the position as a position in an optical path between a light source 1 used to supply illumination light and an optical integrator 7 used to form a secondary light source composed of many light source images, and which magnifies the light source images.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-338861  
(P2001-338861A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001.12.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 01 L 21/027		G 02 B 3/00	A 5 F 046
G 02 B 3/00		G 03 F 7/20	5 2 1
G 03 F 7/20	5 2 1	H 01 L 21/30	5 1 5 D
			5 1 5 B

審査請求 未請求 請求項の数28 O.L. (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-157332(P2000-157332)

(22) 出願日 平成12年5月26日 (2000.5.26)

(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(72) 発明者 工藤 祐司  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72) 発明者 谷津 修  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72) 発明者 豊田 光紀  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

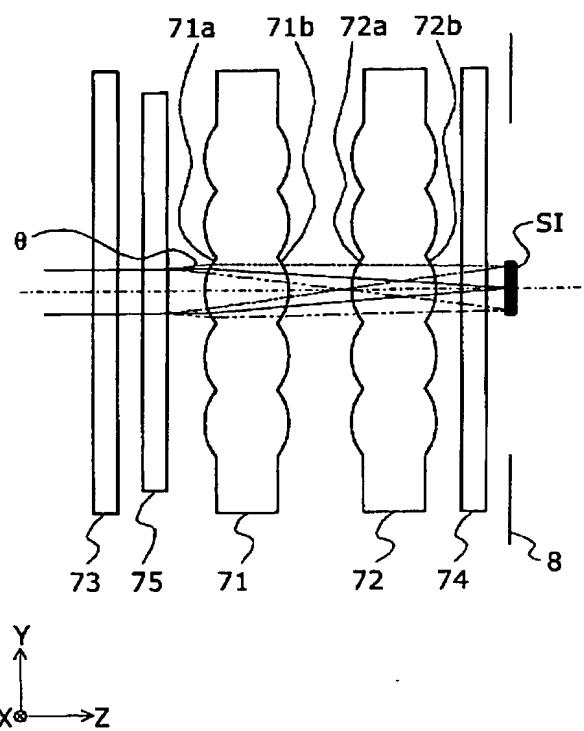
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学装置並びに露光装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 照明光学装置中の光学部材へのダメージを低減させる。

【解決手段】 照明光を供給する光源1と、多数の光源像からなる二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータ7との間の光路中の位置であって被照射面Wと共に位置または該位置の近傍に配置されて、光源像を拡大させる光源像拡大手段75を有する



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて多数の光源像からなる二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、前記オプティカルインテグレータと前記光源との間の光路中の位置であって前記被照射面と共役な位置または該位置の近傍に配置されて、前記光源像を拡大させる光源像拡大手段を有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】 前記光源像拡大手段を経た光束の発散角は、前記オプティカルインテグレータにおいて前記照明光の損失が生じないように定められることを特徴とする請求項1記載の照明光学装置。

【請求項3】 前記オプティカルインテグレータは、2次元状に配列されて、それぞれが前記光源像を形成する複数のレンズ面を有し、

前記光源像拡大手段は、前記レンズ面を介して形成される前記光源像を拡大し、

前記光源像拡大手段の前記発散角は、前記拡大される前記光源像が前記レンズ面よりも小さくなるように定められることを特徴とする請求項2記載の照明光学装置。

【請求項4】 前記オプティカルインテグレータは、2次元状に配列されて、それぞれが前記光源像を形成する複数のレンズ面を有することを特徴とする請求項1または2記載の照明光学装置。

【請求項5】 前記光源像拡大手段のニアフィールドにおける照度分布は実質的に均一であることを特徴とする請求項1～4の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項6】 前記光源像拡大手段のファーフィールドに形成されるパターンは一つであることを特徴とする請求項1～5の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項7】 前記光源像拡大手段の前記ファーフィールドパターンは、円形状、橜円形状、または多角形状であることを特徴とする請求項6記載の照明光学装置。

【請求項8】 前記照明光学装置の前記瞳には、前記瞳上の領域であって光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定された光強度分布を有する2次光源が形成されることを特徴とする請求項1～7の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項9】 前記光源と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記照明光学装置の瞳に形成される2次光源の形状を制御するための回折光学素子をさらに有することを特徴とする請求項1～8の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項10】 前記2次光源の形状を制御するための前記回折光学素子と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記2次光源の形状を制御するための前記回折光学素子からの0次光を遮光するための0次光

遮光手段を有することを特徴とする請求項9記載の照明光学装置。

【請求項11】 前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の入射側に配置された入射側カバーガラスとを備え、前記0次光遮光手段は前記入射側カバーガラスに設けられることを特徴とする請求項10記載の照明光学装置。

【請求項12】 前記光源像拡大手段は、回折光学素子または拡散板を有することを特徴とする請求項1～11の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項13】 前記回折光学素子または前記拡散板の表面上には、前記照明光の波長に対する反射防止膜が施されることを特徴とする請求項9～12の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項14】 前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、該射出側カバーガラスには、前記複数のレンズ面とは異なる領域を通過して前記被照射面側へ向かう光を遮光するための遮光部材が設けられることを特徴とする請求項1～13の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項15】 前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置されて、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイを備え、該マイクロレンズアレイの前記レンズ面には、前記照明光に対する反射防止膜が施されることを特徴とする請求項1～14の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項16】 前記光源手段と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記複数の光源像のフーリエ変換像のそれぞれの強度分布を独立に制御するための照度分布補正手段を備えることを特徴とする請求項1～15の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項17】 前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の入射側に配置された入射側カバーガラスと、前記複数のレンズ面の射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、前記照度分布補正手段は前記入射側カバーガラスと前記射出側カバーガラスとの間の光路中に配置されることを特徴とする請求項16記載の照明光学装置。

【請求項18】 前記照明光学装置は、前記被照射面上に所定方向の長さと該所定方向に直交する方向の長さとが異なる形状の照明領域を形成することを特徴とする請求項1～17の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項19】 照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置された回折光学素子を有し、

該回折光学素子の表面には、前記照明光に対する反射防止膜が施されることを特徴とする照明光学装置。

【請求項20】照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオブティカルインテグレータと、前記オブティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置され、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイを備え、

該マイクロレンズアレイの前記レンズ面には、前記照明光に対する反射防止膜が施されることを特徴とする照明光学装置。

【請求項21】前記反射防止膜は、 $A_1F_3$  (フッ化アルミニウム) ;  $BaF_2$  (フッ化バリウム) ;  $CaF_2$  (フッ化カルシウム) ;  $CeF_3$  (フッ化セリウム) ;  $CsF$  (フッ化セシウム) ;  $ErF_3$  (フッ化エルビウム) ;  $GdF_3$  (フッ化ガドリウム) ;  $HfF_2$  (フッ化ハフニウム) ;  $LaF_3$  (フッ化ランタン) ;  $LiF$  (フッ化リチウム) ;  $MgF_2$  (フッ化マグネシウム) ;  $NaF$  (フッ化ナトリウム) ;  $Na_3AlF_6$  (クリオライト) ;  $Na_5Al_3F_{14}$  (チオライト) ;  $NdF_3$  (フッ化ネオジム) ;  $PbF_2$  (フッ化鉛) ;  $ScF_3$  (フッ化スカンジウム) ;  $SrF_2$  (フッ化ストロンチウム) ;  $TbF_3$  (フッ化テルビウム) ;  $ThF_4$  (フッ化トリウム) ;  $YF_3$  (フッ化イットリウム) ;  $YbF_3$  (フッ化イッテルビウム) ;  $SmF_3$  (フッ化サマリウム) ;  $DyF_3$  (フッ化ジスプロシウム) ;  $PrF_3$  (フッ化プラセオジム) ;  $EuF_3$  (フッ化ユーロビウム) ;  $HoF_3$  (フッ化ホルミウム) ; フッ化ビスマス ( $BiF_3$ ) ; 四フッ化エチレン樹脂 (ポリテトラフルオロエチレン, PTFE) , 三フッ化塩化メチレン樹脂 (ポリクロロトリフルオロエチレン, PCTFE) , フッ化ビニル樹脂 (ポリフッ化ビニル, PVF) , 四フッ化エチレン-六フッ化プロピレン共重合体 (フッ化エチレンプロピレン樹脂, FEP) , フッ化ビニリデン樹脂 (ポリフッ化ビニリデン, PVDF) , 及びポリアセタール (POM) からなる群から選択された少なくとも1つの材料からなるフッ素樹脂 ;  $Al_2O_3$  (酸化アルミニウム) ;  $SiO_2$  (酸化シリコン) ;  $GeO_2$  (酸化ゲルマニウム) ;  $ZrO_2$  (酸化ジルコニウム) ;  $TiO_2$  (酸化チタン) ;  $Ta_2O_5$  (酸化タンタル) ;  $Nb_2O_5$  (酸化ニオブ) ;  $HfO_2$  (酸化ハフニウム) ;  $CeO_2$  (酸化セリウム) ;  $MgO$  (酸化マグネシウム) ;  $Nd_2O_3$  (酸化ネオジム) ;  $Gd_2O_3$  (酸化ガドリニウム) ;  $ThO_2$  (酸化トリウム) ;  $Y_2O_3$  (酸化イットリウム) ;  $Sc_2O_3$  (酸化スカンジウム) ;  $La_2O_3$  (酸化ランタ

ン) ;  $Pr_6O_{11}$  (酸化プラセオジム) ;  $ZnO$  (酸化亜鉛) ;  $PbO$  (酸化鉛) ; 酸化シリコンの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群 ; 及び酸化ハフニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群 ; 酸化アルミニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群 ; から選ばれた1種類以上の成分を有することを特徴とする請求項13、15、19または20記載の照明光学装置。

【請求項22】前記光源手段は、波長200nm以下の照明光を供給することを特徴とする請求項1～21の何れか一項記載の照明光学装置。

【請求項23】前記回折光学素子または前記マイクロレンズアレイは、フッ素がドープされた石英ガラスを有することを特徴とする請求項22記載の照明光学装置。

【請求項24】照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオブティカルインテグレータと、前記オブティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置において、

前記オブティカルインテグレータは、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイと、該マイクロレンズアレイの射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、

該射出側カバーガラスには、前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズ面とは異なる領域を通過して前記被照射面側へ向かう光を遮光するための遮光部材が設けられることを特徴とする照明光学装置。

【請求項25】前記オブティカルインテグレータは、前記マイクロレンズアレイの入射側に配置された入射側カバーガラスを備えることを特徴とする請求項24記載の照明光学装置。

【請求項26】バターンが形成されたマスクを所定波長域の照明光で照明して、前記バターンの像を投影光学系を介して基板上に結像させる投影露光装置において、前記マスクに対して前記照明光を供給するために請求項1～25の何れか一項記載の照明光学装置を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項27】前記マスク上の照明領域は、所定方向の長さと該所定方向に直交する方向の長さとが異なる形状を有し、

前記マスクと前記照明領域との相対的な位置関係を変更しつつ投影露光を行うことを特徴とする請求項26記載の投影露光装置。

【請求項28】バターンが形成されたマスクを所定波長域の照明光で照明して、前記バターンの像を投影光学系を介して基板上に結像させる投影露光方法において、請求項1～25の何れか一項記載の照明光学装置を用いて前記マスクに対して前記照明光を供給することを特徴

とする投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路（半導体素子）、液晶表示素子やスマートディスプレイパネル等の表示素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイス、又はフォトマスク等をリソグラフィ技術を用いて製造する際に使用される投影露光装置に好適な照明光学装置に関する。また、本発明は、当該照明光学装置を備えた露光装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体素子または液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、マスクに形成された転写用のパターンを、投影光学系を介してウエハのような感光性基板に転写する投影露光装置が使用されている。

【0003】この種の典型的な投影露光装置においては、光源から射出された光束が、例えばフライアイレンズや光トンネル等のオプティカルインテグレータに入射し、多数の光源像（実像または虚像）からなる二次光源を照明光学装置の瞳に形成する。二次光源からの光束は、オプティカルインテグレータに後続する光学系を介して、所定のパターンが形成されたマスクを重畠的に照明する。マスクのパターンを通過した光は、投影光学系を介してウエハ上に結像する。こうして、ウエハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、この種の露光装置では、解像力の向上を図るために露光光の波長の短波長化が行われており、その光源としてレーザ光源が用いられるようになっている。このようなレーザ光源を用いる場合、照明光学装置中においてレーザの集光点が形成される位置では照明光のエネルギー密度が高まり、その位置またはその近傍に配置される光学部材にダメージを与える恐れがある。

【0005】また、この種の露光装置ではスループットの向上が要請されており、そのために照明効率の向上が望まれている。また、この種の露光装置において、オプティカルインテグレータとしてフライアイレンズ等の波面分割型インテグレータを用いる場合、フライアイレンズ中の複数のレンズ間から被照射面へ向かう光が、フライアイレンズと被照射面（マスク、基板）との間の光学系において迷光となり、結果として結像性能の劣化を招く恐れがあった。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明の第1の目的は、照明光学装置中の光学部材へのダメージを低減されることである。

【0007】また、本発明の第2の目的は、照明効率の向上にある。また、本発明の第3の目的は、結像性能の

向上にある。上記第1の目的を達成するために、請求項1にかかる発明は、照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて多数の光源像からなる二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置であって、前記オプティカルインテグレータと前記光源との間の光路中の位置であって前記被照射面と共役な位置または該位置の近傍に配置されて、前記光源像を拡大させる光源像拡大手段を有するものである。

【0008】請求項2にかかる発明は、請求項1記載の発明において、前記光源像拡大手段を経た光束の発散角は、前記オプティカルインテグレータにおいて前記照明光の損失が生じないように定められるものである。

【0009】請求項3にかかる発明は、請求項2記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、2次元状に配列されて、それぞれが前記光源像を形成する複数のレンズ面を有し、前記光源像拡大手段は、前記レンズ面を介して形成される前記光源像を拡大し、前記光源像拡大手段の前記発散角は、前記拡大される前記光源像が前記レンズ面よりも小さくなるように定められるものである。

【0010】請求項4にかかる発明は、請求項1または2記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、2次元状に配列されて、それぞれが前記光源像を形成する複数のレンズ面を有するものである。

【0011】請求項5にかかる発明は、請求項1～4の何れか一項記載の発明において、前記光源像拡大手段のニアフィールドにおける照度分布を実質的に均一としたものである。

【0012】請求項6にかかる発明は、請求項1～5の何れか一項記載の発明において、前記光源像拡大手段のファーフィールドに形成されるパターンを一つとしたものである。

【0013】請求項7にかかる発明は、請求項6記載の発明において、前記光源像拡大手段の前記ファーフィールドパターンを円形状、橢円形状、または多角形状としたものである。

【0014】請求項8にかかる発明は、請求項1～7の何れか一項記載の発明において、前記照明光学装置の前記瞳に、前記瞳上の領域であって光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定された光強度分布を有する2次光源を形成したものである。

【0015】請求項9にかかる発明は、請求項1～8の何れか一項記載の発明において、前記光源と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記照明光学装置の瞳に形成される2次光源の形状を制御するための回折光学素子をさらに有するものである。

【0016】請求項10にかかる発明は、請求項9記載の発明において、前記2次光源の形状を制御するための前記回折光学素子と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記2次光源の形状を制御するための前記回折光学素子からの0次光を遮光するための0次光遮光手段を有するものである。

【0017】請求項11にかかる発明は、請求項10記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の入射側に配置された入射側カバーガラスとを備え、前記0次光遮光手段を前記入射側カバーガラスに設けたものである。

【0018】請求項12にかかる発明は、請求項1~1の何れか一項記載の発明において、前記光源像拡大手段は、回折光学素子または拡散板を有するものである。請求項13にかかる発明は、請求項9~12の何れか一項記載の発明において、前記回折光学素子または前記拡散板の表面上に、前記照明光の波長に対する反射防止膜を施したものである。

【0019】請求項14にかかる発明は、請求項1~13の何れか一項記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、該射出側カバーガラスに、前記複数のレンズ面とは異なる領域を通過して前記被照射面側へ向かう光を遮光するための遮光部材を設けたものである。

【0020】請求項15にかかる発明は、請求項1~14の何れか一項記載の発明において、前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置されて、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイを備え、該マイクロレンズアレイの前記レンズ面に、前記照明光に対する反射防止膜を施したものである。

【0021】請求項16にかかる発明は、請求項1~15の何れか一項記載の発明において、前記光源手段と前記オプティカルインテグレータとの間に配置されて、前記複数の光源像のフーリエ変換像のそれぞれの強度分布を独立に制御するための照度分布補正手段を備えたものである。

【0022】請求項17にかかる発明は、請求項16記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、2次元的に配列された複数のレンズ面と、該複数のレンズ面の入射側に配置された入射側カバーガラスと、前記複数のレンズ面の射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、前記照度分布補正手段を前記入射側カバーガラスと前記射出側カバーガラスとの間の光路中に配置したものである。

【0023】請求項18にかかる発明は、請求項1~17の何れか一項記載の発明において、前記照明光学装置は、前記被照射面上に所定方向の長さと該所定方向に直

交する方向の長さとが異なる形状の照明領域を形成するものである。

【0024】また、上述の第2の目的を達成するため、請求項19にかかる発明は、照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置であって、前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置された回折光学素子を有し、該回折光学素子の表面に、前記照明光に対する反射防止膜を施したものである。

【0025】また、上述の第2の目的を達成するため、請求項20にかかる発明は、照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置であって、前記光源手段と前記被照射面との間の光路中に配置されて、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイを備え、該マイクロレンズアレイの前記レンズ面に、前記照明光に対する反射防止膜を施したものである。

【0026】請求項21にかかる発明は、請求項13、15、19または20記載の発明において、前記反射防止膜は、 $A_1 F_3$  (フッ化アルミニウム) ;  $B_2 F_2$  (フッ化バリウム) ;  $C_2 F_2$  (フッ化カルシウム) ;  $C_6 F_3$  (フッ化セリウム) ;  $C_8 F$  (フッ化セシウム) ;  $E_2 F_3$  (フッ化エルビウム) ;  $G_2 F_3$  (フッ化ガドミニウム) ;  $H_2 F_2$  (フッ化ハフニウム) ;  $L_2 F_3$  (フッ化ランタン) ;  $L_3 F$  (フッ化リチウム) ;  $Mg F_2$  (フッ化マグネシウム) ;  $N_2 F$  (フッ化ナトリウム) ;  $N_{2,3} A_1 F_6$  (クリオライト) ;  $N_{2,5} A_1 F_{14}$  (チオライト) ;  $Nd F_3$  (フッ化ネオジム) ;  $Pb F_2$  (フッ化鉛) ;  $S_2 C F_3$  (フッ化スカンジウム) ;  $Sr F_2$  (フッ化ストロンチウム) ;  $Tb F_3$  (フッ化テルビウム) ;  $Tb F_4$  (フッ化トリウム) ;  $Y F_3$  (フッ化イットリウム) ;  $Yb F_3$  (フッ化イッテルビウム) ;  $Sm F_3$  (フッ化サマリウム) ;  $Dy F_3$  (フッ化ジスプロシウム) ;  $Pr F_3$  (フッ化プラセオジム) ;  $Eu F_3$  (フッ化ユーロピウム) ;  $Ho F_3$  (フッ化ホルミウム) ; フッ化ビスマス ( $B_2 F_2$ ) ; 四フッ化エチレン樹脂 (ポリテトラフルオロエチレン,  $PTEF$ ) , 三フッ化塩化メチレン樹脂 (ポリクロロトリフルオロエチレン,  $PCTFE$ ) , フッ化ビニル樹脂 (ポリフッ化ビニル,  $PVF$ ) , 四フッ化エチレン-六フッ化プロピレン共重合体 (フッ化エチレンプロピレン樹脂,  $FEP$ ) , フッ化ビニリデン樹脂 (ポリフッ化ビニリデン,  $PVDF$ ) , 及びポリアセタール ( $POM$ ) からなる群から選択された

少なくとも1つの材料からなるフッ素樹脂； $\text{Al}_2\text{O}_3$  (酸化アルミニウム)； $\text{SiO}_2$  (酸化シリコン)； $\text{GeO}_2$  (酸化ゲルマニウム)； $\text{ZrO}_2$  (酸化ジルコニウム)； $\text{TiO}_2$  (酸化チタン)； $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (酸化タンタル)； $\text{Nb}_2\text{O}_5$  (酸化ニオブ)； $\text{HfO}_2$  (酸化ハフニウム)； $\text{CeO}_2$  (酸化セリウム)； $\text{MgO}$  (酸化マグネシウム)； $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (酸化ネオジム)； $\text{Gd}_2\text{O}_3$  (酸化ガドリニウム)； $\text{HoO}_2$  (酸化トリウム)； $\text{Y}_2\text{O}_3$  (酸化イットリウム)； $\text{Sc}_2\text{O}_3$  (酸化スカンジウム)； $\text{La}_2\text{O}_3$  (酸化ランタン)； $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  (酸化プラセオジム)； $\text{ZnO}$  (酸化亜鉛)； $\text{PbO}$  (酸化鉛)；酸化シリコンの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；及び酸化ハフニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；酸化アルミニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；から選ばれた1種類以上の成分を有するものである。

【0027】請求項22にかかる発明は、請求項1～2の何れか一項記載の発明において、前記光源手段は、波長200nm以下の照明光を供給するものである。請求項23にかかる発明は、請求項22記載の発明において、前記回折光学素子または前記マイクロレンズアレイは、フッ素がドープされた石英ガラスを有するものである。

【0028】また、上述の第3の目的を達成するため、請求項24にかかる発明は、照明光を供給するための光源手段と、該光源手段からの光束に基づいて二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光束を被照射面または該被照射面と光学的に共役な面へ導くためのコンデンサー光学系とを備えた照明光学装置であって、前記オプティカルインテグレータは、表面に複数のレンズ面が形成された基板からなるマイクロレンズアレイと、該マイクロレンズアレイの射出側に配置された射出側カバーガラスとを備え、該射出側カバーガラスに、前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズ面とは異なる領域を通過して前記被照射面側へ向かう光を遮光するための遮光部材を設けたものである。

【0029】請求項25にかかる発明は、請求項24記載の発明において、前記オプティカルインテグレータは、前記マイクロレンズアレイの入射側に配置された入射側カバーガラスを備えるものである。

【0030】請求項26にかかる発明は、パターンが形成されたマスクを所定波長域の照明光で照明して、前記パターンの像を投影光学系を介して基板上に結像させる投影露光装置であって、前記マスクに対して前記照明光を供給するために請求項1～25の何れか一項記載の照明光学装置を備えるものである。

【0031】請求項27にかかる発明は、請求項26記載の発明において、前記マスク上の照明領域は、所定方

向の長さと該所定方向に直交する方向の長さとが異なる形状を有し、前記マスクと前記照明領域との相対的な位置関係を変更しつつ投影露光を行うものである。

【0032】請求項28にかかる発明は、パターンが形成されたマスクを所定波長域の照明光で照明して、前記パターンの像を投影光学系を介して基板上に結像させる投影露光方法であって、請求項1～25の何れか一項記載の照明光学装置を用いて前記マスクに対して前記照明光を供給するものである。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた投影露光装置の構成を概略的に示す図である。図1(a)において、感光性材料が塗布された基板(ワーク)であるウエハWの法線方向に沿ってZ軸を、ウエハ面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウエハ面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

【0034】図1(a)に示す投影露光装置は、露光光(照明光)を供給するための光源1として、例えば248nmまたは193nmの波長の光を供給するエキシマレーザー光源を備えている。光源1から基準光軸AXに沿って射出された所望の矩形状の断面を有する光束ほぼ平行な光束は、光遅延部2に入射する。

【0035】この光遅延部では、入射光束を互いに光路長差の付けられた複数の光路に進行する光束に時間的に分割し、これら複数の光束を再び合成した後に射出するものである。ここで、光路長差はコヒーレント光源1からの光束の時間的可干渉距離以上に設定される。従って、光遅延部2により分割される波連においてコヒーレンシー(可干渉性)を低減することができ、被照明面における干渉縞やスペックルの発生を良好に抑えることができる。なお、スペックルの発生を良好に抑えるには、上述のような光遅延部を光軸AXに沿って3段に配置することが好ましい。

【0036】この種の光遅延手段に関しては、例えば特開平1-198759号公報、特開平11-174365号公報、特開平11-312631号公報、特願平11-21591号明細書及び図面、特願平11-25629号明細書及び図面などに開示されている。

【0037】光遅延部2を介して時間的にインコヒーレントな多重のパルスに時間的に分割された光束は、複数のマイクロレンズアレイ31, 32を設けたターレット30へ向かう。

【0038】図1(b)はターレット30をその射出側から見たXY平面図である。図1(b)に示すように、ターレット30は、輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31と、多重極(例えば4極、8極等)照明用のマイクロレンズアレイ32と、通常照明用の穴部33とを備えている。ここで、輪帯照明用のマイクロレンズアレイ3

1は、XY平面上に2次元マトリックス状に配列された多数のレンズ面を有し、これらのレンズ面のXY平面上における断面形状は六角形状である。また、多重極照明用のマイクロレンズアレイも、XY平面上に2次元マトリックス状に配列された多数のレンズ面を有し、これらのレンズ面のXY平面上における断面形状は四角形状である。

【0039】以下の説明では、輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31が照明光路中に設定された場合を主に説明する。図1(a)に戻って、輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31の複数のレンズ面は、光遅延部2を介した光源1からの光束を集光して複数の光源像(レンズ面の屈折力が正のときは実像、負のときは虚像)を形成し、このマイクロレンズアレイ31からは所定の発散角を有する発散光束が射出する。マイクロレンズアレイ31の射出側には、アフォーカルズーム光学系4が配置されている。アフォーカルズーム光学系4は、その角倍率が可変となるように構成されており、入射する発散光束は、アフォーカルズーム光学系4を介した後、設定された角倍率に応じた角度となるように射出される。アフォーカルズーム光学系4から射出される光束は、複数の回折光学素子51～53を備えたターレット50へ向かう。

【0040】図1(c)はターレット50をその射出側から見たXY平面図である。図1(c)に示すように、ターレット50は、輪帯照明用の回折光学素子51と、多重極(例えば4極、8極等)照明用の回折光学素子52と、通常照明用の回折光学素子53とを備えている。

【0041】ここで、これらの回折光学素子は、光透過性の基板(ガラス基板)に露光光(照明光)の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、輪帯照明用の回折光学素子51は、照明光学装置の光軸(Z軸)に沿って入射した光束を、ファーフィールド(遠視野)領域において輪形状の断面を有する発散光束に変換する。また、多重極照明用の回折光学素子52は、照明光学装置の光軸(Z軸)に沿って入射した光束を、ファーフィールド領域において光軸を原点としたXY座標において第1～第4象限にそれぞれ位置する4つの点となる4重極形状の断面を有する複数の発散光束に変換する。そして、通常照明用の回折光学素子53は、照明光学装置の光軸に沿って入射した光束を、ファーフィールド領域において円形断面を有する発散光束に変換する。

【0042】なお、回折光学素子には被照明面における干渉縞やスペックルの発生を低減する効果があるので、場合によっては光遅延部2の設置を省略することもできる。さて、図1(a)に戻って、輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31が光路中に設定される場合には、輪帯照明用の回折光学素子51が照明光路中に設定される。

輪帯照明用の回折光学素子51は、平行光束ではなく、マイクロレンズアレイ31及びアフォーカルズーム光学系4によって与えられた所定の角度(開口数)を有する光束で照明されるため、そのファーフィールド領域には、幅が実質的に零であるリング状の光強度分布ではなく、上記所定の角度に応じた幅を有する輪帯状(ドーナツ状)の光強度分布が形成される。

【0043】図1(a)の例では、回折光学素子51(52, 53)に後続するズーム光学系6が、そのファーフィールド領域を有限の距離(ズーム光学系6の後側焦点位置、またはその近傍)に形成している。従って、ズーム光学系6の後側焦点位置またはその近傍の位置には、輪帯状の光強度分布が形成される。

【0044】ここで、ズーム光学系6の焦点距離を変更することにより、輪帯状の光強度分布はその輪帯比(輪帯の外径に対する内径の比)を維持しつつ比例的に拡大・縮小する。また、前述の通り、アフォーカルズーム光学系4の角倍率を変更することにより輪帯の幅(輪帯の外径と内径との差)を変更することが可能であるため、これらのアフォーカルズーム光学系4及びズーム光学系6の角倍率及び焦点距離を独立に調整することによって、輪帯比及び輪帯幅を独立に任意の値に設定することができる。

【0045】また、多重極照明用のマイクロレンズアレイ32及び回折光学素子52が共に照明光路中に設定された場合について簡単に説明する。前述の通り、マイクロレンズアレイ32に矩形断面を有する複数のレンズ面が形成されているため、マイクロレンズアレイ32から射出されてアフォーカルズーム光学系4に入射した光束は、アフォーカルズーム光学系4の物点をマイクロレンズアレイ32とした際の瞳面において矩形断面を有する光束となり、アフォーカルズーム光学系4の角倍率に応じた角度(開口数)を有する光束として回折光学素子52に入射する。

【0046】回折光学素子52のファーフィールド領域、すなわちズーム光学系6の後側焦点位置、またはその近傍の位置には、光軸を原点としたXY座標において第1～第4象限のそれぞれに位置する4つの矩形断面を有する複数の光束が到達する。

【0047】ここで、輪帯照明時と同様に、アフォーカルズーム光学系4の角倍率を変更することにより、ズーム光学系6の後側焦点位置またはその近傍の位置に形成される4つの矩形断面の光束の矩形の大きさがそれぞれ変更される。また、ズーム光学系6の焦点距離を変更することにより、ズーム光学系6の後側焦点位置またはその近傍の位置に形成される4つの矩形断面の光束の中心位置の光軸からの距離が変更される。

【0048】また、通常照明時について説明すると、このときには、ターレット30の穴部33と回折光学素子53とが照明光路に設定される。従って、アフォーカル

ズーム光学系4は、光遅延部2からの矩形断面の平行光束を受け、その角倍率に応じて平行光束のXY断面の幅を変更する機能を有する。すなわち、通常照明時には、アフォーカルズーム光学系4はピームエキスパンダとして機能する。

【0049】回折光学素子53は、前述の通り平行光束を受けてファーフィールド領域に円形断面を有する光束を形成するため、ズーム光学系6の後側焦点位置またはその近傍の位置には、円形断面を有する光束が形成される。ここで、ズーム光学系6の焦点距離を変更することにより、円形断面の光束の直径が変更される。

【0050】なお、図1(a)の投影露光装置は、ターレット30を駆動してマイクロレンズアレイの交換・挿脱を行う第1駆動部34、アフォーカルズーム光学系4のレンズを駆動してその角倍率を変更する第2駆動部44、ターレット50を駆動して回折光学素子の交換を行う第3駆動部54、ズーム光学系6のレンズを駆動してその焦点距離を変更する第4駆動部64を有しており、これらの第1～第4駆動部34, 44, 54, 64は、制御部14にそれぞれ接続されており、この制御部14からの指令により制御される。

【0051】さて、ズーム光学系6からの光束は、一対のマイクロレンズアレイを有するオプティカルインテグレータ7に入射する。以下、図2～図4を参照して、オプティカルインテグレータ7について説明する。

【0052】図2(a)はオプティカルインテグレータ7のYZ断面図であり、図2(b)はオプティカルインテグレータ7中のマイクロレンズアレイ71(72)のXY平面図である。

【0053】図2(a)に示すように、本実施形態のオプティカルインテグレータ7は、一対のマイクロレンズアレイ71, 72と、マイクロレンズアレイの入射側に位置する入射側カバーガラス73と、マイクロレンズアレイの射出側に位置する射出側カバーガラス74と、光源像拡大手段としての回折光学素子75とを有する。

【0054】ここで、一対のマイクロレンズアレイ71, 72は互いに同じ基本構成を有し、図2(b)に示すように、2次元マトリックス状に且つ稠密に配列された多数の矩形状断面の正屈折力の微小レンズ要素71a(72a)を備えた光学素子である。各マイクロレンズアレイ71, 72は、ほぼ正方形状の平行平面ガラス基板701にエッチング処理を施して円形状の有効領域702に微小レンズ面を形成することによって構成されている。

【0055】なお、図2(b)では、各マイクロレンズアレイ71(72)の入射側に形成される多数の微小レンズ面71a(71b)のみを図示したが、各マイクロレンズアレイ71(72)は、入射側に形成された複数の微小レンズ面71a(72a)のそれと共軸に、その射出側に形成された微小レンズ面71b(72b)

を有している。この微小レンズ面71b(72b)も、平行平面ガラス基板701に施されたエッチング処理により、円形状の有効領域に形成される。

【0056】本実施形態におけるオプティカルインテグレータ7において、有効領域702内には、1000個～50000個、或いはそれ以上の数の微小レンズ面71a(71b, 72a, 72b)が形成されている。この微小レンズ面の大きさは例えば0.54mm×0.2mm程度、有効領域702の直径を例えば約86mmとすることができ、この場合には微小レンズ面の個数を50000個程度とすることができます。なお、図面では、その明瞭化のためにマイクロレンズアレイに形成される微小レンズ面の数を実際より非常に少なく表している。

【0057】後述するように、マイクロレンズアレイ71の入射面は、被照射面であるウエハW面と共に配置されるため、1つの微小レンズ面の外形状はウエハW上の照明領域と相似形状—本実施形態では長方形状—となっている。

【0058】図3は、一対のマイクロレンズアレイ71, 72の光路図である。図3に示すように、マイクロレンズアレイ71の一対の微小レンズ面71a, 71bと、マイクロレンズアレイ72の一対の微小レンズ面72a, 72bとは、図中一点鎖線で示す光軸にそって共軸に配置されている。

【0059】図3に実線で示すように、光軸に沿って配列された微小レンズ面71a, 71b, 72a, 72bからなる合成光学系に平行に入射した光束は、その合成光学系の後側焦点面に光源像を形成する。また、図3に破線で示すように、光軸に沿って配列された微小レンズ面71a, 71b, 72a, 72bからなる合成光学系の前側焦点面がマイクロレンズアレイ71の入射面(微小レンズ面71a)と一致するように構成されている。

【0060】光軸に沿って配置される微小レンズ面以外の微小レンズ面においても、マイクロレンズアレイ71の入射側の複数の微小レンズ面と射出側の複数の微小レンズ面、マイクロレンズアレイ72の入射側の複数の微小レンズ面と射出側の複数の微小レンズ面のそれとも、光軸に平行な軸線に対して共軸となるように位置決めされている。

【0061】従って、一対のマイクロレンズアレイ71, 72の後側焦点面には、多数の光源像の集合体からなる2次光源が形成される。なお、本実施形態では、一対のマイクロレンズアレイ71, 72の後側焦点面が照明光学装置の瞳(照明瞳)となっている。

【0062】ここで、2次光源の形状は、オプティカルインテグレータ7に入射する光束の断面形状とほぼ相似の形状となり、例えば輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31と輪帯照明用の回折光学素子51とが照明光路中に設定される場合には、輪帯状の2次光源が照明瞳に形成され、また多重極(4重極)照明用のマイクロレンズ

アレイ32と多重極(4重極)照明用の回折光学素子52とが照明光路中に設定される場合には、光軸に対して偏心した4つの矩形断面を有する2次光源(光軸を原点としたXY座標において第1～第4象限のそれぞれに位置する矩形断面の4つの光源像の集合体)が照明瞳に形成される。また、通常照明時には、円形状の2次光源が照明瞳に形成される。

【0063】さて、図1に戻って、照明瞳(一对のマイクロレンズアレイ71, 72の後側焦点面)の位置には、円形状の開口径を連続的に変更することができる虹彩絞り8が配置されており、この虹彩絞り8の位置に形成される2次光源からの光束は、前側焦点が虹彩絞り8の位置に位置決めされたズームコンデンサ光学系9により集光され、その後側焦点の近傍に位置決めされた照明視野絞り(レチクルブラインド)10を重畳的に照明する。なお、本実施形態において、ズームコンデンサ光学系9は、 $f \sin \theta$ の射影特性を有するズームレンズであるが、その作用については後述する。なお、虹彩絞り8の開口径は、上述の制御部14により制御される第5駆動部の駆動により所定の開口径に設定される。

【0064】照明視野絞り10の開口部を通過した光束は、照明視野絞りの開口部の像をレチクルRのパターン面に形成する照明視野絞り結像光学系11(ブラインド結像系)を介して、レチクルRのパターン面に照明視野絞りの開口部と相似形状の照明領域を形成する。

【0065】この照明領域内に位置するレチクルパターンからの光は、レチクルRとウエハWとの間に位置する投影光学系PLを介してウエハW上に達し、ウエハW上の露光領域内にレチクルパターンの像を形成する。ここで、レチクルRは少なくともY方向に移動可能なレチクルステージ12上に載置されており、ウエハWは少なくともXY平面内で2次元的に移動可能なウエハステージ13上に載置されている。

【0066】本実施形態では、ウエハW上の露光領域、レチクルR上の照明領域の形状はX方向に長手方向を有する長方形形状(スロット形状)であり、投影光学系PLに対してレチクルRとウエハWとを、投影光学系の投影倍率(例えば、-1/4倍、-1/5倍、-1/6倍等)に応じた速度比で移動させることにより、レチクルRのパターン形成領域に形成されるパターン像をウエハW上の1つのショット領域に転写することができる。

【0067】さて、上述のように本実施形態においては、輪帯形状または多重極形状の2次光源をマイクロレンズアレイ31, 32及び回折光学素子51, 52を用いて実質的に光量ロスなく形成している。このような光軸を含む瞳中心領域での光強度が瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定された光強度分布を有する2次光源(輪帯形状や多重極形状等の2次光源)では、この2次光源を形成する多数の光源像のエネルギー密度が高くなる。

【0068】この場合、多数の光源像の近傍に位置するマイクロレンズアレイ72や射出側カバーガラス74では、それらの表面に設けられる反射防止膜や基板自体が破壊される恐れや、破壊までは至らないまでも透過率の劣化や経時変化を招く恐れがある。

【0069】そこで、本実施形態では、オプティカルインテグレータ7の一部を構成するマイクロレンズアレイ71の光源側に光源像拡大手段としての回折光学素子75を配置している。以下、図4及び図5を参照して光源像拡大手段としての回折光学素子75の機能について説明する。

【0070】図4は、回折光学素子75の原理説明図であり、ここには回折光学素子75と、マイクロレンズアレイ71の入射側レンズ面71aとを示している。図4(a)に示すように、回折光学素子75は、そこに入射する平行光束を所定の発散角θで発散させる機能を有する。このとき、回折光学素子75のファーフィールド領域FFでは、図4(b)に示すようにXY平面内での断面がほぼ円形状となるファーフィールドパターンFFPが形成される。また、回折光学素子75は、図4(c)に示すようにXY平面内での断面がほぼ長方形形状となるファーフィールドパターンFFPを形成しても良い。

【0071】図5は、回折光学素子75からの発散光束の光路を示す図である。図5においては、回折光学素子75からの発散光束のうち、光軸と平行に進行する平行光束を実線で示し、光軸に対して斜め上側に進行する平行光束を破線で示し、光軸に対して斜め下側へ向かう平行光束を二点鎖線で示している。

【0072】ここで、図中実線で示す光軸と平行な平行光束は、一对のマイクロレンズアレイ71, 72の各レンズ面71a～72bにより屈折されて照明開口絞り8の位置(照明瞳の位置)で光軸と交差する。すなわち、この光軸上の位置には光軸と平行な平行光束に基づく光源像が形成される。一方、図中破線で示す光軸に対して斜め上側へ進行する平行光束は、レンズ面71a～72bにより屈折されて照明開口絞り8の位置(照明瞳の位置)の光軸より上側に集光し、図中二点差線で示す光軸に対して斜め下側へ進行する平行光束は、レンズ面71a～72bにより屈折されて照明開口絞り8の位置(照明瞳の位置)の光軸より下側に集光する。回折光学素子75から発散する光の角度分布は離散的ではなく連続的であるため、照明開口絞り8の位置には、分割された光源像ではなく拡大された光源像SIが形成される。

【0073】図5では、光軸に沿って配列されるレンズ面71a～72bによる光源像SIについて述べたが、実際にはマイクロレンズアレイ71, 72は光軸に平行な複数の軸線に沿って配列される複数のレンズ面の組を有しており、照明開口絞りの位置には、複数の拡大された光源像SIが形成されることになる。

【0074】このように拡大された光源像SIにおいて

は、エネルギー密度が低くなるため、マイクロレンズアレイ72や射出側カバーガラス74における反射防止膜や基板自体が破壊される恐れや、破壊までは至らないまでも透過率の劣化や経時変化を招く恐れはない。従って、安定した被照射面を照明することができる。

【0075】さて、本実施形態においては、光源像拡大手段としての回折光学素子75の発散角は、オプティカルインテグレータ7において照明光の損失が生じないように定められることが好ましい。すなわち、本実施形態のようにオプティカルインテグレータ7が、2次元状に配列された複数の微小レンズ面(71a, 71b, 72a, または72b)を有する場合には、拡大された光源像SIの大きさが微小レンズ面(71a, 71b, 72a, または72b)のXY平面内での大きさよりも小さくなるように、回折光学素子75の発散角を定めることが好ましい。

【0076】ここで、回折光学素子75の発散角が、拡大された光源像SIの大きさがオプティカルインテグレータ7の微小レンズ面(71a, 71b, 72a, または72b)のXY平面内での大きさよりも大きくなる場合には、複数の微小レンズ面(71a, 71b, 72a, または72b)以外へ光束が進行してしまい、この光束は2次光源形成に寄与しなくなるため、光量損失が生じる。なお、拡大された光源像SIの大きさは、回折光学素子75の発散角だけではなく、マイクロレンズアレイ71, 72の焦点距離や、回折光学素子75へ入射する光束の角度(開口数)や回折光学素子75とマイクロレンズアレイ71とn距離などにより定まる。

【0077】本実施形態では、回折光学素子75の発散角を2°～3°程度としており、光源像SIの大きさを、回折光学素子75を挿入しない場合の光源像の大きさに対して2倍程度となるようにしている。

【0078】さて、図4(a)に戻って、光源像拡大手段としての回折光学素子は、そのニアフィールド領域NFの近傍にマイクロレンズアレイ71の入射側レンズ面71aが位置するように配置される。ここで、マイクロレンズアレイ71の複数の入射側レンズ面71aのそれぞれは、ウエハW上の露光領域とほぼ共役な配置となっているため、入射側レンズ面71a内で照度分布にむらがあると、ウエハW上の露光領域内の照度分布が不均一となる恐れがある。

【0079】従って、光源像拡大手段としての回折光学素子は、そのニアフィールド領域の照度分布がほぼ均一であることが好ましい。さて、本実施形態のようにオプティカルインテグレータによる複数の光源像のそれぞれを拡大すれば、 $\sigma$ 値(投影光学系のレチクル側開口数に対する照明光学装置のレチクル側開口数)を連続的に設定できる効果も得ることができる。以下、図6を参照して説明する。

【0080】図6は、オプティカルインテグレータをそ

の射出面側から見た平面図であり、図6(a)は拡大されない光源像Sが形成されている状態を示し、図6(b)は拡大された光源像Sが形成されている状態を示す。

【0081】図6(a)に示すように拡大されない光源像Sが形成される場合は、複数の光源像S同士が離散的に配置されるため、図中実線で示すように2次光源の外径を離散的にしか設定できない。一方、図6(b)に示すように拡大された光源像SIが形成される場合は、複数の拡大された光源像ISの間隔が稠密となるため、図中破線で示すように2次光源の外径をほぼ連続的に設定することができる。これにより、 $\sigma$ 値を連続的に制御して投影露光装置の結像性能を向上させることができる効果を得ることができる。

【0082】なお、オプティカルインテグレータを構成する複数のレンズ面の個数が少ない(複数のレンズ面の大きさが大きい)場合に特に効果的である。また、本実施形態のようにオプティカルインテグレータによる複数の光源像のそれぞれを拡大することにより、フレア光による光学部材への損傷を低減できる効果も生じる。オプティカルインテグレータからウエハまでの光学系の間でフレア光が発生し、そのフレア光が当該光学系の光学部材の内部またはその近傍に焦点を結ぶような場合を想定する。この場合、光源像そのものの大きさが大きければ、フレア光の集光位置におけるエネルギー自体も低いものとなるため、光学部材(或いは光学部材上の薄膜)の破壊を防止したり、破壊へ至るまでの期間、すなわち寿命を延ばすことができる効果も生じる。

【0083】さて、上述の実施形態では、光源像拡大手段として回折光学素子75を用いたが、光源像拡大手段としては、屈折光学素子であっても拡散板であっても良い。ここで、光源像拡大手段として屈折光学素子や拡散板を用いる場合であっても、光源像拡大手段からの発散角の範囲を所望の値に設定し、光源像拡大手段のファーフィールド領域での照度分布と、ニアフィールド領域(或いはオプティカルインテグレータにおける被照射面と共役な位置)での照度分布とが実質的に均一な分布であることが好ましい。

【0084】また、上述の実施形態では、図4(b), (c)に示したように、光源像拡大手段がファーフィールド領域に形成するファーフィールドパターンの形状を円形状または長方形状としたが、このファーフィールドパターンの形状はこれには限られない。例えば、矩形状(正方形形状及び長方形形状)、六角形状、台形状、菱形状、8角形状等の多角形状、橢円形状、円弧形状など種々の形状を取りうる。但し、光源像形成手段のファーフィールドパターンの形状は、被照射面に形成される照明領域の形状と相似であることが好ましい。

【0085】さて、上述の実施形態では、オプティカルインテグレータ7の射出面に形成される2次光源からの

光を集光して、照明視野絞り10を重畠的に照明するためのコンデンサ光学系9を、その射影特性が $F \sin \theta$ となるように構成している。具体的には、コンデンサ光学系9の焦点距離をFとし、コンデンサ光学系9の前側焦点位置が入射瞳である場合の主光線を考え、当該主光線のコンデンサ光学系9への入射角を $\theta$ とし、この主光線がコンデンサ光学系9から射出されて被照射面またはそれと共に役な面へ入射する位置の光軸からの距離をYとするとき、(1)  $Y = F \sin \theta$ の射影関係を満足している。なお、本実施形態におけるコンデンサ光学系9は焦点距離が可変なズーム光学系であるが、ズーミングに際しては上記(1)式の射影関係をほぼ維持している。

【0086】このようにコンデンサ光学系9を構成した場合、2次光源が完全拡散面光源と近似に見なすことができるときには、照明視野絞り10が位置するXY平面内における照度及び開口数をXY面内位置にかかわらず一定とすることができます。

【0087】そして、本実施形態では、オプティカルインテグレータ7により形成される2次光源が完全拡散面光源と近似にみなすことができるようにするために、オプティカルインテグレータ7が有する微小レンズ面71a, 72b, 72a, 72bを非球面形状に形成して、オプティカルインテグレータ7の球面収差の補正とコマ収差の補正(正弦条件の満足)とを達成するようしている。従って、本実施形態では、照明視野絞り10には、均一照度かつ均一開口数の照明光束が達し、ひいては被照射面であるウエハW上の露光領域全域において照度の均一性及び開口数の均一性を達成することが可能である。

【0088】なお、本例では、製造を容易とするために、全ての微小レンズ面71a, 72b, 72a, 72bと同じ非球面形状に形成しているが、これらの微小レンズ面の形状は互いに異なるものであっても良く、非球面も全ての微小レンズ面に設ける必要もない。

【0089】また、オプティカルインテグレータ7が有する全ての微小レンズ面71a, 72b, 72a, 72bを球面形状で形成しても良い。この場合、各微小レンズ面の面形状を互いに異ならせるようにすれば、球面収差を補正しつつ正弦条件を満足することが可能となる。

【0090】また、上記実施形態では、オプティカルインテグレータ7としてマイクロレンズアレイ71, 72を適用しているが、その代わりに、複数の棒状レンズを2次元マトリックス状に集積することによって構成されるフライアイレンズを適用しても良い。

【0091】ここで、マイクロレンズアレイとフライアイレンズとは、多数の微小レンズ面が2次元マトリックス状に配列されている点で共通である。但し、マイクロレンズアレイは、多数の微小レンズ要素が互いに隔離されることなく一体的に形成されている点で、互いに隔離

されたレンズ素子からなるフライアイレンズとは異なっている。

【0092】さらに、マイクロレンズアレイでは、フライアイレンズと比較して、その微小レンズ面の大きさを微小にできるという有利な点がある。ここで、微小レンズ面の大きさを微小にすることによって、オプティカルインテグレータ7の波面分割効果が非常に大きくなるため、被照射面(ウエハW面)での照度均一性を向上させることができるとなり、さらに照明条件を変更(通常照明から変形照明等)した場合においても、被照射面での照度分布の変動やテレセントリシティの変動を非常に小さい値に抑えることが可能となる。

【0093】また、上記実施形態では、マイクロレンズアレイ71, 72及び光源像拡大手段としての回折光学素子75の表面が光化学反応により汚染されるのを回避するために、入射側カバーガラス73及び射出側カバーガラス74を備えている。従って、光化学反応による汚染が起こったとしても、一対のマイクロレンズアレイ71, 72や回折光学素子75を交換することなく、一対のカバーガラス73, 74だけを交換すればよい。なお、一対のカバーガラス73, 74の間の光路中には、クリーン度を高めた空気、ドライエア、窒素やヘリウム等の不活性ガスがバージされることが好ましい。

【0094】なお、このようなカバーガラス73, 74は、上述のフライアイレンズにも有効である。また、上述の例では、入射側カバーガラス73とマイクロレンズアレイ71との間に回折光学素子75を配置したが、入射側カバーガラス73の射出側(マイクロレンズアレイ側)の平面に回折面、屈折面、または光拡散面を形成して、入射側カバーガラス73の射出面に光源像拡大手段を設けても良い。

【0095】また、被照射面(ウエハW面)での照度分布を制御するために、オプティカルインテグレータよりも光源側の光路であって被照射面とほぼ共役な位置に透過率分布を調整するための光学部材(透過率分布調整部材)を配置する場合には、入射側カバーガラス73とマイクロレンズアレイ71との間の光路中に配置することが好ましい。これにより、透過率分布調整部材の汚染を低減することが可能である。なお、この透過率分布調整部材は、光源像拡大手段としての回折光学素子75とマイクロレンズアレイ71(2次元状に配列された複数のレンズ面)との間の光路中に配置することが好ましい。

【0096】このような透過率分布調整部材は、例えば特開昭64-42821号公報、特開平7-130600号公報、特開平9-223661号公報、特開平10-319321号公報、特開2000-21750号公報、特開2000-39505号公報、WO99/36832号公報などに開示されている。

【0097】さて、上述の実施形態において、オプティカルインテグレータ7の入射面近傍の位置がその入射側のズーム光学系6の後側焦点位置となっているため、製

造誤差等の要因により回折光学素子51～53から0次光成分が射出されてしまう場合には、この0次光成分がノイズ光となる恐れがある。

【0098】また、フライアイレンズのように2次元状に配列された複数のレンズ面が密でない場合や、マイクロレンズアレイの製造上の都合により複数のレンズ面が密でないように形成される場合においては、複数のレンズ面の間からの漏れ光がノイズ光となる恐れがある。

【0099】このような場合には、射出側カバーガラスに上記0次光成分及び漏れ光を遮光するための遮光部材を設ければよい。以下、図7を参照して射出側カバーガラスに設けられた遮光部材について説明する。

【0100】図7は、射出側カバーガラスに遮光部材を設けたオプティカルインテグレータの構成を説明するための図であって、図7(a)はYZ断面図、図7(b)は射出側カバーガラスとフライアイレンズとの位置関係を示すXY平面図である。なお、図7の例では、オプティカルインテグレータはマイクロレンズアレイではなく、フライアイレンズを適用している。

【0101】図7(a)に示すオプティカルインテグレータは、光の入射側から順に、入射側カバーガラス730、光源像拡大手段としての回折光学素子75、XY平面内で2次元マトリックス状に集積された複数の棒状レンズ素子を有するフライアイレンズ710、及び射出側カバーガラス740とを備えている。これらの光学部材は、図中一点鎖線で示す光軸に沿って共軸となるように配置されている。

【0102】ここで、射出側カバーガラス740には、遮光パターン741が設けられている。この遮光パターン741は例えばクロム等を射出側カバーガラス740上に蒸着することによって形成される。

【0103】図7(b)に示すように、フライアイレンズを構成する複数のレンズ素子(図7(b)では射出側レンズ面710bのみを破線で図示)の間を覆うように遮光パターン741がXY平面内で位置決めされている。また、この遮光パターンは、回折光学素子51～53からの0次光成分を遮光するために、その光軸近傍の位置も覆っている。

【0104】なお、図8に示すように、回折光学素子51～53からの0次光成分がズーム光学系6の後側焦点位置に集光してしまい、集光点位置近傍の光学部材(入射側カバーガラス、マイクロレンズアレイ71等)や当該光学部材上の薄膜への損傷を防止するために、入射側カバーガラス730の光軸近傍の位置に遮光パターン731を設けても良い。

【0105】さて、図1(a)に戻って、ズームコンデンサ光学系9の構成について説明する。ズームコンデンサ光学系9は、光軸方向(図中Z方向)に沿って複数のレンズ群を備えており、それらの間隔を変更することでその焦点距離を可変とすることができる。このとき、ズ

ームコンデンサ光学系9の前側焦点位置は、オプティカルインテグレータ7が形成する2次光源の位置(虹彩絞り8の位置、或いは照明瞳の位置)と実質的に一致している。また、ズームコンデンサ光学系9の後側焦点位置には、照明視野絞り10が位置決めされている。ここで、ズームコンデンサ光学系9は、その焦点距離可変時において、ズームコンデンサ光学系9の前側及び後側焦点位置が変動しないように構成されている。ズームコンデンサ光学系の複数のレンズ群の光軸方向への移動は、第6駆動部により行われる。

【0106】このようにズームコンデンサ光学系9の焦点距離を変更することにより、照明視野絞り10の位置に形成される照明領域の大きさを変更することが可能である。

【0107】ここで、照明視野絞り10は、例えば4枚の遮光羽根を有し、これらのうちの2つの遮光羽根は、図中X方向に沿った遮光辺の対を有し、残りの2つの遮光羽根は、図中Y方向に沿った遮光辺の対を有している。これら4枚の遮光羽根は第7駆動部104によって駆動され、4枚の遮光羽根の遮光辺により形成される長方形形状の開口部の縦横の大きさを任意の値に設定することが可能である。なお、4枚の遮光羽根の代わりに、L字状の直交した遮光辺を有しXY平面内で移動可能な2組の遮光部材を有する構成であっても良い。

【0108】これにより、使用するレチクルの特性に応じてレチクル上に形成される照明領域の大きさを光量損失無しに変更することが可能である。なお、ズームコンデンサ光学系9の焦点距離を変更することにより、照明視野絞り10の位置、ひいてはレチクルR上またはウエハW上での照明光の開口数が変化してしまうが、これは前述のズーム光学系6の焦点距離を変更することによる2次光源の大きさの変更を行うことにより補償することができる。

【0109】なお、これらの第6及び第7駆動部も制御部14により制御される。次に、制御部14の動作について説明する。制御部14は、例えばコンソール、またはレチクルRの搬送路中に配置されたレチクルバーコードリーダからなる入力部15に接続されている。

【0110】そして、順次露光すべき各種のレチクルに関する情報、各種レチクルの照明条件に関する情報、各種ウエハの露光条件に関する情報などは、この入力部15を介して制御部14に入力される。

【0111】制御部14は、各種のレチクルやウエハに関する、照明領域(露光領域)の所望の大きさ、最適な照明開口数、最適な線幅(解像度)、所望の焦点深度等の情報を内部のメモリー内に記憶しており、入力手段からの入力に応答して第1～第7駆動部に適切な制御信号を供給する。

【0112】例えば、所望の大きさの照明領域、最適な照明開口数、最適な解像度及び所望の焦点深度のもとで

通常円形照明する場合、第1駆動部34は制御部14からの指令に基づいて穴部33を照明光路内に位置決めし、第3駆動部は制御部14からの指令に基づいて通常照明用の回折光学素子53を照明光路内に設定する。そして、レチクルR上において所望の大きさを有する照明領域を得るために、第6駆動部94は制御部14からの指令に基づいてズームコンデンサ光学系9の焦点距離を設定し、第7駆動部104は制御部14からの指令に基づいて照明視野絞り10の開口部の大きさ・形状を設定する。また、レチクルR上において所望の照明開口数を得るために、第4駆動部64は制御部14からの指令に基づいてズーム光学系6の焦点距離を設定する。さらに、オプティカルインテグレータ7が形成する円形状の2次光源の外径を光量損失を良好に抑えた状態で規定するために、第5駆動部84は制御部14からの指令に基づいて虹彩絞り8の開口径を設定する。

【0113】なお、本実施形態においては、ズーム光学系6によって、光束を遮光することなく任意の大きさの円形状の2次光源を形成しているため、虹彩絞り8は、円形状の2次光源の外側のフレア光を遮光するのに十分な開口径に設定すれば良い。

【0114】また、第4駆動部64によるズーム光学系6の焦点距離の変更動作と、第6駆動部94によるズームコンデンサ光学系94の焦点距離の変更動作とを組み合わせることにより、レチクルRでの照明領域の大きさと照明開口数とを互いに独立に変更することが可能である。

【0115】また、所望の大きさの照明領域、最適な照明開口数、最適な解像度及び所望の焦点深度のもとで輪帯照明を行う場合、第1駆動部34は制御部14からの指令に基づいて輪帯照明用のマイクロレンズアレイ31を照明光路内に位置決めし、第3駆動部は制御部14からの指令に基づいて輪帯照明用の回折光学素子51を照明光路内に設定する。そして、レチクルR上において所望の大きさを有する照明領域を得るために、第6駆動部94は制御部14からの指令に基づいてズームコンデンサ光学系9の焦点距離を設定し、第7駆動部104は制御部14からの指令に基づいて照明視野絞り10の開口部の大きさ・形状を設定する。また、レチクルR上において所望の照明開口数を得るために、第4駆動部64は制御部14からの指令に基づいてズーム光学系6の焦点距離を設定する。さらに、オプティカルインテグレータ7が形成する輪帯形状の2次光源の外径を光量損失を良好に抑えた状態で規定するために、第5駆動部84は制御部14からの指令に基づいて虹彩絞り8の開口径を設定する。

【0116】なお、本実施形態においては、輪帯照明用の回折光学素子51とズーム光学系4、6とによって、光束を遮光することなく任意の輪帯比及び任意の外径を有する輪帯状の2次光源を形成しているため、虹彩絞り

8は、輪帯状の2次光源の外側のフレア光を遮光するのに十分な開口径に設定すれば良い。

【0117】また、上述の輪帯照明時の照明開口数とは、輪帯状の2次光源の最も外側の位置から射出される光線により定められるものである。さらに、所望の大きさの照明領域、最適な照明開口数、最適な解像度及び所望の焦点深度のもとで4重極照明を行う場合、第1駆動部34は制御部14からの指令に基づいて4重極照明用のマイクロレンズアレイ31を照明光路内に位置決めし、第3駆動部は制御部14からの指令に基づいて4重極照明用の回折光学素子51を照明光路内に設定する。そして、レチクルR上において所望の大きさを有する照明領域を得るために、第6駆動部94は制御部14からの指令に基づいてズームコンデンサ光学系9の焦点距離を設定し、第7駆動部104は制御部14からの指令に基づいて照明視野絞り10の開口部の大きさ・形状を設定する。また、レチクルR上において所望の照明開口数を得るために、第4駆動部64は制御部14からの指令に基づいてズーム光学系6の焦点距離を設定する。さらに、4重極形状の2次光源の外側のフレア光を遮光するために第5駆動部84は制御部14からの指令に基づいて虹彩絞り8の開口径を設定する。

【0118】なお、上述の4重極照明時の照明開口数とは、4重極形状の2次光源のうち、最も光軸から離れた位置から射出される光線により定められるものである。また、上述の例では、2次光源からの光束を被照射面と共に照明視野絞りへ導くためのコンデンサ光学系（ズームコンデンサ光学系9）を焦点距離が可変となるように構成したが、このコンデンサ光学系は焦点距離が実質的に固定であっても良い。

【0119】上述のように、レチクルRへの照明条件（ウエハWへの露光条件）を変更すると、ウエハW上の露光領域内における照度分布が変動してしまう場合がある。このような場合、一括露光型の投影露光装置では露光領域内に不均一な照度分布に対応した露光量分布が生じ、走査型露光装置では、非走査方向に沿った露光量分布が生じる。

【0120】本実施形態の場合、オプティカルインテグレータによる波面分割数を非常に大きくしているため、照明条件（露光条件）を変更しても被照射面での照度ムラの変動や、そこでのテレセントリック性の変動は十分に小さいものとなっている。

【0121】ただし、その変動量が許容できない場合には、レチクルRへの照明条件（ウエハWへの露光条件）の変更に伴う露光領域内の照度分布の変動を予め求めておき、照明条件（または露光条件）変更時に照度分布（非走査方向（X方向）に沿った露光量分布）の補正を行うことが好ましい。

【0122】この照度分布（または露光量分布）補正する手法としては、例えば：

(1) ズームコンデンサ光学系9を構成する少なくとも一部のレンズ群を、光軸方向、光軸直交方向、及び光軸直交方向を軸とする回転方向のうち少なくとも一方向にに関して移動させる手法；

(2) オプティカルインテグレータ7とズームコンデンサ光学系9との間の光路中（2次光源の光軸上から射出される光線が光軸と非平行となる光路）に、入射角度に応じて透過率が異なる角度特性を有するフィルターを、互いに異なる角度特性となるような複数の組だけ準備しておき、それら複数組のフィルターを交換する手法、またはフィルター交換に加えてフィルターの傾き角度を調整する手法；

(3) オプティカルインテグレータよりも光源側の光路であって被照射面とほぼ共役に位置決めされて透過率分布を調整するための透過率分布調整部材を、互いに異なる透過率分布となるように複数の組だけ準備しておき、それら複数組の透過率分布調整部材を交換する手法；及び

(4) 照明視野絞り10の開口形状を、走査方向に沿った開口幅が非走査方向において所定の分布を持つように変形させる手法；

などがある。一括露光型の投影露光装置においては上記(1)～(3)の手法のいずれか、または上記(1)～(3)の手法を任意に組み合わせることにより、被照射面上での照度分布を任意の分布とすることができます。また、走査型露光装置では、上記(1)～(4)の手法のいずれか、または上記(1)～(4)の手法を任意に組み合わせることにより、被照射面上での非走査方向における露光量分布を任意に制御することができます。

【0123】なお、上記(1)の手法は、例えば特開平10-275771号公報などに開示されている手法を用いることができる。また、上記(2)の手法は、例えば特開平9-190969号公報に開示されている手法を用いることができる。そして、上記(3)の手法は、上述の特開昭64-42821号公報、特開平7-130600号公報、特開平9-223661号公報、特開平10-319321号公報、特開2000-21750号公報、特開2000-39505号公報、WO99/36832号公報などに開示された透過率分布調整部材を交換可能に設ければ良い。上記(4)の手法は、例えば特開平7-142313号公報、特開平10-340854号公報、特開2000-58442号公報、特開2000-82655号公報、特開2000-114164号公報などに開示されている手法を用いることができる。

【0124】なお、照度ムラの補正手法については、レチクルRへの照明条件（ウエハWへの露光条件）の変更に伴う露光領域内の照度分布の変動を予め求めておく手法の他に、照明条件の変更時にウエハW上の照度分布の変動を測定し、測定された変動量を補正する手法を用いても良い。

【0125】また、テレセントリック性の変動の補正方法としては、例えばオプティカルインテグレータ7の光

軸方向の位置を調整する手法や、ズームコンデンサ光学系9の一部のレンズ群を傾ける手法などが挙げられる。

【0126】さて、上述の実施形態においては、光量損失なく輪帯形状、多重極形状、円形状の2次光源を形成するために回折光学素子51～53を用いたが、回折光学素子の代わりに、屈折作用によりファーフィールドに輪帯形状、多重極形状、または円形状の照明領域を形成する屈折光学素子を用いても良い。このような屈折光学素子としては、例えばWO99/49505号公報に開示されている。

【0127】ところで、本実施形態においては、照明光学装置を構成する各レンズ素子（アフォーカルズーム光学系4、ズーム光学系6、ズームコンデンサ光学系9、及び照明視野絞り結像光学系11中のレンズ素子）や投影光学系PLを構成する各レンズ素子だけではなく、マイクロレンズアレイ31, 32, 71, 72、回折光学素子51～53, 75、及びカバーガラス73, 74の表面には、照明光の波長に関して反射防止がなされた反射防止膜が形成されている。特にマイクロレンズアレイ31, 32, 71, 72、及び回折光学素子51～53, 75に反射防止膜が形成されているため、ここでの反射防止を抑えて、被照射面上での照度を効率良く高めることが可能である。とりわけ、回折光学素子に関しては、回折効率が100%でないことによる光量損失があるため、この反射防止膜による光量損失の低減は、被照射面上での照度を高める上で重要である。

【0128】ここで、反射防止膜を構成する材料としては、AlF<sub>3</sub>（フッ化アルミニウム）；BaF<sub>2</sub>（フッ化バリウム）；CaF<sub>2</sub>（フッ化カルシウム）；CeF<sub>3</sub>（フッ化セリウム）；CsF（フッ化セシウム）；ErF<sub>3</sub>（フッ化エルビウム）；GdF<sub>3</sub>（フッ化ガドミニウム）；HfF<sub>2</sub>（フッ化ハフニウム）；LaF<sub>3</sub>（フッ化ランタン）；LiF（フッ化リチウム）；MgF<sub>2</sub>（フッ化マグネシウム）；NaF（フッ化ナトリウム）；Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>（クリオライト）；Na<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>F<sub>14</sub>（チオライト）；NdF<sub>3</sub>（フッ化ネオジム）；PbF<sub>2</sub>（フッ化鉛）；ScF<sub>3</sub>（フッ化スカンジウム）；SrF<sub>2</sub>（フッ化ストロンチウム）；TbF<sub>3</sub>（フッ化テルビウム）；ThF<sub>4</sub>（フッ化トリウム）；YF<sub>3</sub>（フッ化イットリウム）；YbF<sub>3</sub>（フッ化イッテルビウム）；SmF<sub>3</sub>（フッ化サマリウム）；DyF<sub>3</sub>（フッ化ジスプロシウム）；PrF<sub>3</sub>（フッ化プラセオジム）；EuF<sub>3</sub>（フッ化ユーロピウム）；HoF<sub>3</sub>（フッ化ホルミウム）；フッ化ビスマス（BiF<sub>2</sub>）；四フッ化エチレン樹脂（ポリテトラフルオロエチレン、PTFE），三フッ化塩化メチレン樹脂（ポリクロロトリフルオロエチレン、PCTFE），フッ化ビニル樹脂（ポリフッ化ビニル、PVF），四フッ化エチレンー六フッ化プロピレン共重合体（フッ化エチレンプロピレン樹脂、FEP），フッ化ビニリデン樹脂（ポリフッ化ビニリデン、PVDF），及

びポリアセタール (POM) からなる群から選択された少なくとも1つの材料からなるフッ素樹脂； $\text{Al}_2\text{O}_3$  (酸化アルミニウム)； $\text{SiO}_2$  (酸化シリコン)； $\text{GeO}_2$  (酸化ゲルマニウム)； $\text{ZrO}_2$  (酸化ジルコニウム)； $\text{TiO}_2$  (酸化チタン)； $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (酸化タンタル)； $\text{Nb}_2\text{O}_5$  (酸化ニオブ)； $\text{HfO}_2$  (酸化ハフニウム)； $\text{CeO}_2$  (酸化セリウム)； $\text{MgO}$  (酸化マグネシウム)； $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (酸化ネオジム)； $\text{Gd}_2\text{O}_3$  (酸化ガドリニウム)； $\text{ThO}_2$  (酸化トリウム)； $\text{Y}_2\text{O}_3$  (酸化イットリウム)； $\text{Sc}_2\text{O}_3$  (酸化スカンジウム)； $\text{La}_2\text{O}_3$  (酸化ランタン)； $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  (酸化プラセオジム)； $\text{ZnO}$  (酸化亜鉛)； $\text{PbO}$  (酸化鉛)；酸化シリコンの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；及び酸化ハフニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；酸化アルミニウムの群から選ばれた2つ以上の材料からなる混合物群及び複合化合物群；が挙げられる。

【0129】従って、本実施形態では、上述の群から選ばれた1種類以上の材料を反射防止膜の材料として用いる。ここで、上記材料からなる反射防止膜をマイクロレンズアレイ31, 32, 71, 72、及び回折光学素子51～53, 75に形成する手法としては、例えば真空蒸着法、イオンアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、クラスターイオンビーム法、スパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、CVD (化学蒸着) 法、浸漬コーティング法、スピンドルコーティング法、メニスカスコーティング法、ゾルゲル法などを適用することができる。

【0130】ここで、簡単にマイクロレンズアレイ31, 32, 71, 72、及び回折光学素子51～53, 75の製造手法について説明する。まず、マイクロレンズアレイのレンズ面の形状分布、または回折光学素子の回折パターンの分布を設計する。次に、設計データに基づいて、露光原版を作成する。そして、マイクロレンズアレイまたは回折光学素子の基板を準備し、当該基板上に感光性材料を塗布する。感光材料が塗布された基板に対して露光原版上のパターンをリソグラフィの手法で転写する。その後、当該基板を現像し、現像されたパターンをマスクとして基板をエッチングする。このエッチングにより基板上には複数のレンズ面 (マイクロレンズアレイの場合)、または回折パターン (回折光学素子) が形成される。なお、この露光・現像・エッチングのステップは1回には限定されない。その後、感光性材料を基板から取り除き、複数のレンズ面 (マイクロレンズアレイの場合)、または回折パターン (回折光学素子) が形成された基板に対して、上記の材料からなる薄膜を上述の手法により基板表面に形成して、反射防止膜を形成する。

【0131】これにより、マイクロレンズアレイ31,

32, 71, 72、及び回折光学素子51～53, 75での光量損失や、これらの界面での反射によるフレア光を低減させて、照度均一性が良好なものと被照射面上 (ウェハW面上) での照度を高めることが可能となる。【0132】なお、マイクロレンズアレイ31, 32, 71, 72、及び回折光学素子51～53, 75を形成するための基板の材料としては、石英ガラスや蛍石、フッ素がドープされた石英ガラスを用いることができる。なお、エッチングの精度を考慮すると、基板材料としては、石英ガラスまたはフッ素がドープされた石英ガラスを用いることが好ましい。また、照明光として $\text{F}_2$ レーザの波長 (157 nm) を用いる際には、基板材料としてフッ素がドープされた石英ガラスを用いることが好ましい。

【0133】以上の説明では、オプティカルインテグレータとして、2次元マトリックス状に配列された微小レンズ面を有する波面分割型オプティカルインテグレータ (マイクロレンズアレイ、フライアイレンズ) を適用した場合について説明したが、オプティカルインテグレータとしては、柱状光学部材の内面反射を用いた内面反射型オプティカルインテグレータ (ロッド型オプティカルインテグレータ、光トンネル、光パイプ) も用いることができる。この場合、図1 (a) のオプティカルインテグレータ7におけるマイクロレンズアレイ71, 72とズームコンデンサ光学系9との代わりに、回折光学素子75のファーフィールド領域を内面反射型オプティカルインテグレータの光入射面上に形成するための集光光学系と、光射出面が照明視野絞り位置またはその位置の近傍となるように位置決めされた内面反射型オプティカルインテグレータとを配置すれば良い。この場合には、内面反射型オプティカルインテグレータの光入射面の位置の集光点の大きさを回折光学素子75により拡大できるため、当該光入射面の損傷を低減できるという効果と、当該光入射面に形成される複数の光源の虚像自体の大きさを回折光学素子75により拡大できるため、連続的な $\sigma$ 値の設定が可能となるという効果もある。

【0134】なお、上述の実施形態においては、走査型露光装置を例にとり説明したが、本発明は一括型露光装置にも適用できる。また、投影光学系の投影倍率は、縮小倍率のみならず、拡大倍率、等倍とすることもできる。さらに投影光学系としては、屈折型光学系、反射屈折型光学系、全反射型光学系のいずれも適用できる。

【0135】また、上述の実施形態においては、光源1が供給する波長を248 nmまたは193 nmとしたが、光源1として波長157 nmの真空紫外域の光を供給する $\text{F}_2$ レーザを用いても良い。

【0136】このように、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の範囲内で種々の変形が可能である。

【0137】

【発明の効果】上述のように本発明によれば、照明光学装置中の光学部材へのダメージを低減でき、または照明光学装置の照明効率の向上を図れ、また投影露光装置に適用した場合に結像性能の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる照明光学装置が適用された投影露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図2】本発明の光源像拡大手段としての回折光学素子の実施形態を示す図である。

【図3】マイクロレンズアレイの機能を説明するための図である。

【図4】光源像拡大手段としての回折光学素子の機能を説明するための図である。

【図5】光源像拡大手段としての回折光学素子の機能を説明するための図である。

【図6】光源像拡大手段の効果を説明するための図である。

【図7】カバーガラスに設けられた遮光パターンを示す図である。

【図8】カバーガラスに設けられた別の遮光パターンを示す図である。

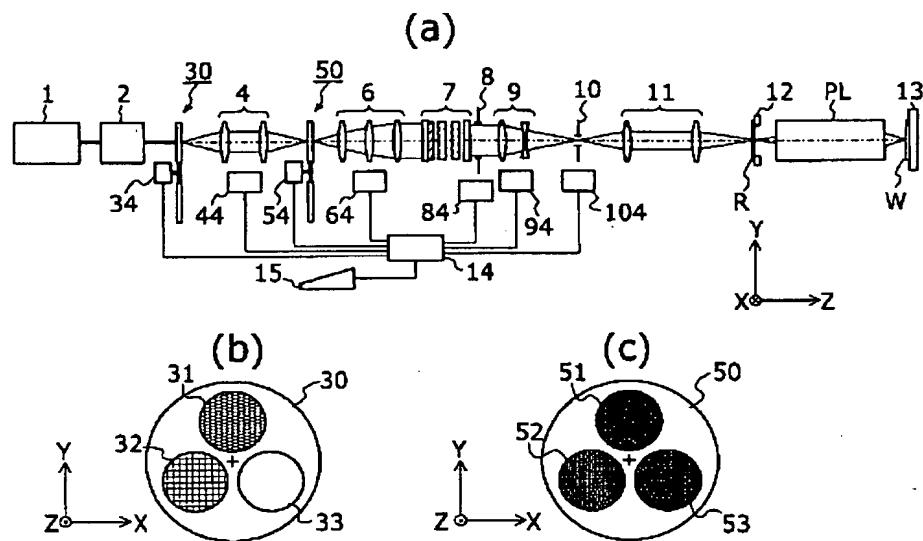
【符号の説明】

7 : オブティカルインテグレータ

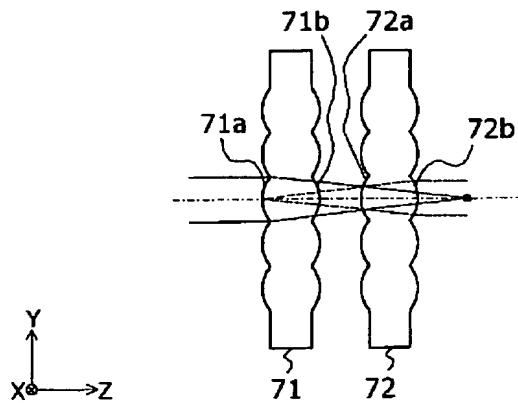
75 : 回折光学素子 (光源像拡大手段)

73, 74 : カバーガラス

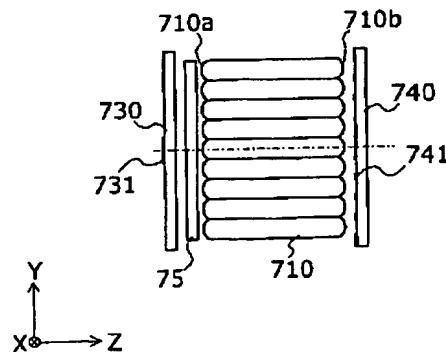
【図1】



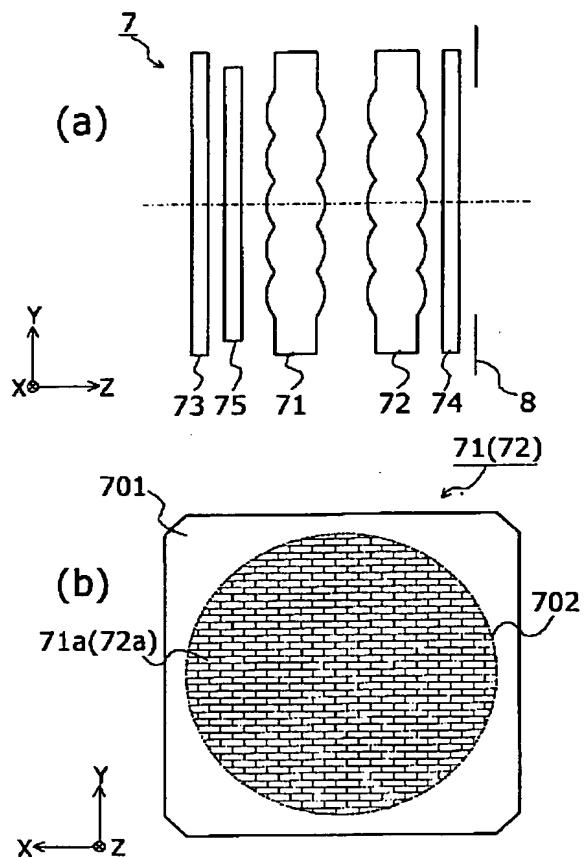
【図3】



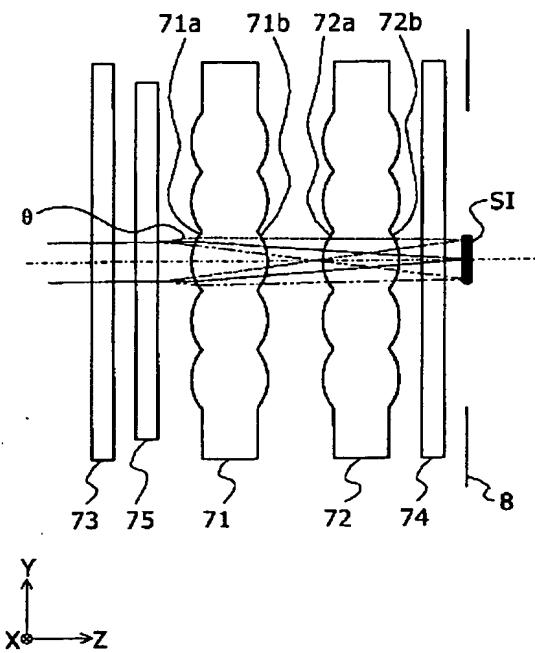
【図8】



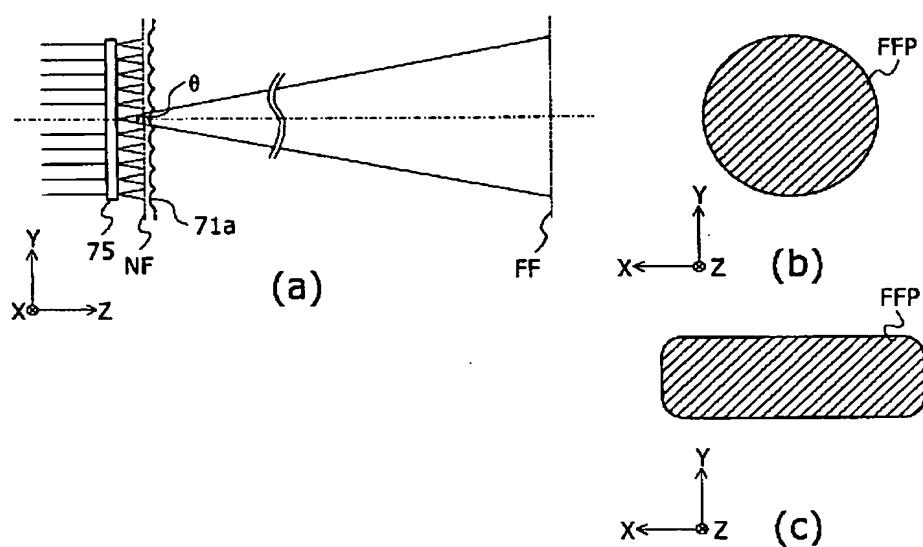
【図2】



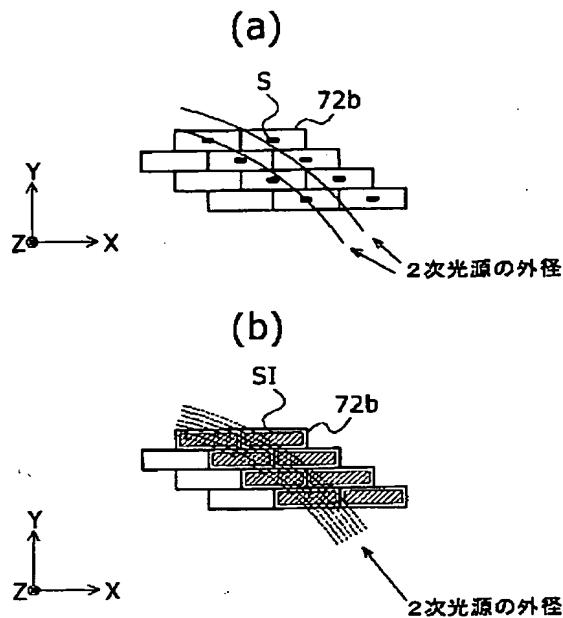
【図5】



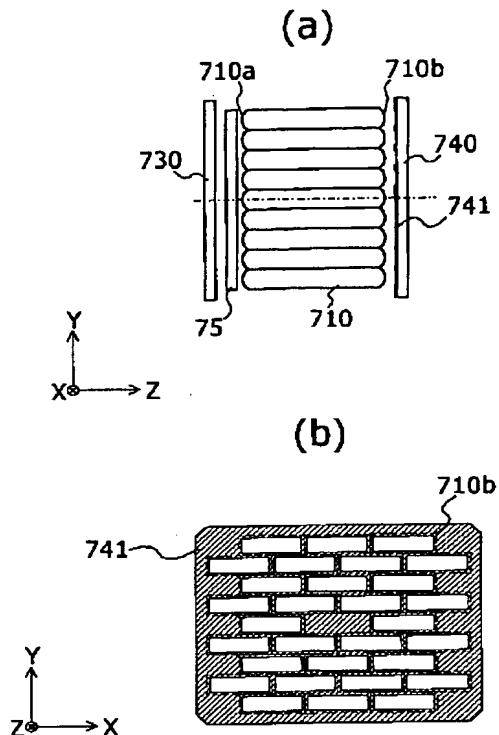
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 渋谷 真人  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内

Fターム(参考) 5F046 BA04 CA04 CB13 CB14 CB19  
 CB23

(11)Publication number : 2001-338861

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

---

(51)Int.CI. H01L 21/027

G02B 3/00

G03F 7/20

---

(21)Application number : 2000-157332 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 26.05.2000 (72)Inventor : KUDO YUJI

TANITSU OSAMU

TOYODA MITSUNORI

SHIBUYA MASATO

---

(54) ILLUMINATION OPTICAL DEVICE AS WELL AS APPARATUS AND METHOD FOR EXPOSURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce damage to an optical member in an illumination optical device.

SOLUTION: The illumination optical device comprises a light-source-image magnification means 75 which is arranged in a position conjugate with a face W to be irradiated, or in a part near the position as a position in an optical path between a light source 1 used to supply illumination light and an optical integrator 7 used to form a secondary light source composed of many light source images, and which magnifies the light source images.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical integrator for forming the secondary light source which consists of many light source images based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, In illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of

light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane Illumination-light study equipment characterized by being a location in the optical path between said optical integrators and said light sources, being arranged near said irradiated plane, a location [ \*\*\*\* ], or this location, and having the light source augmentation means to which said light source image is made to expand.

[Claim 2] The angle of divergence of the flux of light which passed through said light source augmentation means is illumination-light study equipment according to claim 1 characterized by determining that loss of said illumination light does not arise in said optical integrator.

[Claim 3] It is illumination-light study equipment according to claim 2 which said optical integrator is arranged in the shape of two-dimensional, it has two or more lens sides in which each forms said light source image, and said light source augmentation means expands said light source image formed through said lens side, and is characterized by setting said angle of divergence of said light source augmentation means that said said light source image expanded becomes smaller than said lens side.

[Claim 4] Said optical integrator is illumination-light study equipment according to claim 1 or 2 characterized by being arranged in the shape of two-dimensional, and having two or more lens sides in which each forms said light source image.

[Claim 5] The illumination distribution in the near-field of said light source augmentation means is illumination-light study equipment of claim 1-4 characterized by the substantially uniform thing given in any 1 term.

[Claim 6] The pattern formed in the far field of said light source augmentation means is illumination-light study equipment of claim 1-5 characterized by being one given in any 1 term.

[Claim 7] Said far field pattern of said light source augmentation means is illumination-light study equipment according to claim 6 characterized by having the shape of a circle configuration, elliptical, or a polygon.

[Claim 8] Illumination-light study equipment of claim 1-7 characterized by forming the secondary light source which has the optical intensity distribution by which the optical reinforcement in the pupil core field which is a field on said pupil and includes an optical axis was set to said pupil of said illumination-light study equipment smaller than the field around this pupil core field given in any 1 term.

[Claim 9] Illumination-light study equipment of claim 1-8 characterized by being arranged between said light sources and said optical integrators, and having further a diffracted-light study component for controlling the configuration of the secondary light source formed in the pupil of said illumination-light study equipment given in any 1

term.

[Claim 10] Illumination-light study equipment according to claim 9 characterized by being arranged between said diffracted-light study components and said optical integrators for controlling the configuration of said secondary light source, and having a zero-order light protection-from-light means for shading the zero-order light from said diffracted-light study component for controlling the configuration of said secondary light source.

[Claim 11] It is illumination-light study equipment according to claim 10 which said optical integrator is equipped with the incidence side cover glass arranged at the incidence side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and is characterized by forming said zero-order light protection-from-light means in said incidence side cover glass.

[Claim 12] Said light source augmentation means is illumination-light study equipment of claim 1-11 characterized by having a diffracted-light study component or a diffusion plate given in any 1 term.

[Claim 13] Illumination-light study equipment of claim 9-12 characterized by giving the antireflection film to the wavelength of said illumination light on said diffracted-light study component or the front face of said diffusion plate given in any 1 term.

[Claim 14] Said optical integrator is illumination-light study equipment of claim 1-13 which is equipped with the injection side cover glass arranged at the injection side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and is characterized by to prepare the protection-from-light member for shading the light which passes through the field where said two or more lens sides differ at this injection side cover glass, and goes to said irradiated plane side given in any 1 term.

[Claim 15] Illumination-light study equipment of claim 1-14 which is arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, is equipped with the micro-lens array which consists of a substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, and is characterized by giving the antireflection film to said illumination light in said lens side of this micro-lens array given in any 1 term.

[Claim 16] Illumination-light study equipment of claim 1-15 characterized by being arranged between said light source means and said optical integrators, and having an illumination distribution amendment means for controlling independently each intensity distribution of the Fourier transform image of two or more of said light source images given in any 1 term.

[Claim 17] It is illumination-light study equipment according to claim 16 which said optical integrator is equipped with the incidence side cover glass arranged at the

incidence side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and the injection side cover glass arranged at the injection side of two or more of said lens sides, and is characterized by arranging said illuminance distribution amendment means in the optical path between said incidence side cover glass and said injection side cover glass.

[Claim 18] Said illumination-light study equipment is illumination-light study equipment of claim 1-17 characterized by forming the lighting field of a configuration where predetermined lay length differs from the lay length which intersects perpendicularly in this predetermined direction on said irradiated plane given in any 1 term.

[Claim 19] The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, In illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane Illumination-light study equipment which has the diffracted-light study component arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, and is characterized by giving the antireflection film to said illumination light in the front face of this diffracted-light study component.

[Claim 20] The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, In illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane Illumination-light study equipment which is arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, is equipped with the micro-lens array which consists of a substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, and is characterized by giving the antireflection film to said illumination light in said lens side of this micro-lens array.

[Claim 21] Said antireflection film AlF<sub>3</sub> ; BaF<sub>2</sub> (Aluminum fluoride) ; CaF<sub>2</sub> (Barium fluoride) ; CeF<sub>3</sub> (Calcium fluoride) ; CsF (Cerous fluoride) ; ErF<sub>3</sub> (Cesium fluoride) ; GdF<sub>3</sub> ((Erbium) Fluoride) ; HfF<sub>2</sub> (Fluoride GADOMIUMU) LaF<sub>3</sub> ((Hafnium) Fluoride) ; LiF (Fluoride lanthanum) ; MgF<sub>2</sub> (Lithium fluoride) ; NaF (Magnesium fluoride) ; Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> (Sodium fluoride) ; Na<sub>5</sub>aluminum<sub>3</sub>F<sub>14</sub> (Cryo light) ; NdF<sub>3</sub> (Thio light) ((Neodymium) Fluoride) ; PbF<sub>2</sub> ; ScF<sub>3</sub> ((Lead) Fluoride) ; SrF<sub>2</sub> ((Scandium) Fluoride) ; TbF<sub>3</sub> (Strontium fluoride) ; ThF<sub>4</sub> ((Terbium) Fluoride) ; YF<sub>3</sub> ((Thorium)

Fluoride) ; YbF<sub>3</sub> ((Yttrium) Fluoride) ; SmF<sub>3</sub> ((Ytterbium) Fluoride) ((Samarium) fluoride) DyF<sub>3</sub> (dysprosium fluoride) PrF<sub>3</sub> (praseodymium fluoride); EuF<sub>3</sub> (europium fluoride); HoF<sub>3</sub> (holmium fluoride); fluoride [ bismuth ] (BiF<sub>2</sub>); -- tetrafluoroethylene resin (polytetrafluoroethylene, PTFE) -- 3 fluoride-salt-sized methylene resin (polychlorotrifluoroethylene resin, PCTFE), Polyvinyl fluoride (the Pori vinyl fluoride, PVF), a tetrafluoroethylene-6 fluoride propylene copolymer (ethylene propylene fluoride resin, FEP), Polyvinylidene fluoride resin (polyvinylidene fluoride, PVDF), And polyacetal Fluororesin; aluminum 2O<sub>3</sub> (aluminum oxide); SiO<sub>2</sub> (silicon oxide); GeO<sub>2</sub> (germanium dioxide); ZrO<sub>2</sub> (zirconium dioxide); TiO<sub>2</sub> (titanium oxide); Ta 2O<sub>5</sub> which consists of at least one ingredient chosen from the group which consists of (POM) ; Nb 2O<sub>5</sub> (Tantalum oxide) ; HfO<sub>2</sub> (Niobium oxide) ; CeO<sub>2</sub> (Oxidation hafnium) ; MgO (Cerium oxide) ; Nd 2O<sub>3</sub> (Magnesium oxide) ; Gd 2O<sub>3</sub> (Neodymium oxide) ; ThO<sub>2</sub> (Oxidation gadolinium) ; (Thorium dioxide) Y2O<sub>3</sub> (oxidation yttrium); Sc2O<sub>3</sub> (scandium oxide); La 2O<sub>3</sub> (lanthanum oxide) ; Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub> (oxidation praseodymium) ZnO (zinc oxide) ; PbO (lead oxide); [ The mixture group which consists of two or more ingredients chosen from the group of silicon oxide ] And the mixture group and conjugated compound group which consist of two or more ingredients chosen from the group of conjugated compound group; and an oxidation hafnium; one or more kinds of components chosen from mixture group and conjugated compound group; which consists of two or more ingredients chosen from the group of an aluminum oxide Illumination-light study equipment according to claim 13, 15, 19, or 20 characterized by having.

[Claim 22] Said light source means is illumination-light study equipment of claim 1-21 characterized by supplying the illumination light with a wavelength of 200nm or less given in any 1 term.

[Claim 23] Said diffracted-light study component or said micro-lens array is illumination-light study equipment according to claim 22 characterized by having the quartz glass with which the fluorine was doped.

[Claim 24] The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, In illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane The micro-lens array which said optical integrator becomes from the substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, It has injection side cover glass arranged at the injection side of this micro-lens array. To this injection side cover glass Illumination-light study

equipment characterized by preparing the protection from light member for shading the light which passes through a different field from said two or more lens sides of said micro-lens array, and goes to said irradiated plane side.

[Claim 25] Said optical integrator is illumination-light study equipment according to claim 24 characterized by having incidence side cover glass arranged at the incidence side of said micro-lens array.

[Claim 26] The projection aligner characterized by illuminating the mask with which the pattern was formed by the illumination light of a predetermined wavelength region, and having illumination-light study equipment of claim 1-25 given in any 1 term in the projection aligner which carries out image formation of the image of said pattern on a substrate through projection optics in order to supply said illumination light to said mask.

[Claim 27] The lighting field on said mask is a projection aligner according to claim 26 characterized by performing projection exposure, having the configuration from which predetermined lay length and the lay length which intersects perpendicularly in this predetermined direction differ, and changing the relative physical relationship of said mask and said lighting field.

[Claim 28] The projection exposure approach characterized by illuminating the mask with which the pattern was formed by the illumination light of a predetermined wavelength region, and supplying said illumination light to said mask using the illumination-light study equipment of claim 1-25 given in any 1 term in the projection exposure approach of carrying out image formation of the image of said pattern on a substrate through projection optics.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

##### [Detailed Description of the Invention]

###### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the suitable illumination-light study equipment for the projection aligner used in case display devices, such as a semiconductor integrated circuit (semiconductor device), a liquid crystal display component, and a plasma display panel, the thin film magnetic head, other micro devices, or a photo mask is manufactured using a lithography technique. Moreover, this invention relates to an aligner and an approach equipped with the illumination-light

study equipment concerned.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process, the projection aligner which imprints the pattern for an imprint formed in the mask to a photosensitive substrate like a wafer through projection optics is used.

[0003] In this kind of typical projection aligner, the flux of light injected from the light source carries out incidence to optical integrators, such as for example, a fly eye lens and an optical tunnel, and forms in the pupil of illumination-light study equipment the secondary light source which consists of many light source images (a real image or virtual image). The flux of light from the secondary light source illuminates in superposition the mask with which the predetermined pattern was formed through the optical system which follows an optical integrator. Image formation of the light which passed the pattern of a mask is carried out on a wafer through projection optics. In this way, on a wafer, projection exposure (imprint) of the mask pattern is carried out.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In recent years, in this kind of aligner, in order to aim at improvement in resolution, short wavelength-ization of the wavelength of exposure light is performed, and a laser light source is used as that light source. When using such a laser light source, in the location where the condensing point of laser is formed into illumination-light study equipment, the energy density of the illumination light increases and there is a possibility of giving a damage to the optical member arranged in the location or its near.

[0005] Moreover, in this kind of aligner, improvement in a throughput is demanded, therefore improvement in lighting effectiveness is desired. Moreover, in this kind of aligner, when wavefront-splitting mold integrators, such as a fly eye lens, were used as an optical integrator, the light which goes to an irradiated plane from between the lenses of the plurality in a fly eye lens turned into the stray light in the optical system between a fly eye lens and an irradiated plane (a mask, substrate), and there was a possibility of causing degradation of the image formation engine performance as a result.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Then, the 1st purpose of this invention is reducing the damage to the optical member in illumination-light study equipment.

[0007] Moreover, the 2nd purpose of this invention is in improvement in lighting effectiveness. Moreover, the 3rd purpose of this invention is in improvement in the

image formation engine performance. In order to attain the 1st purpose of the above, invention concerning claim 1 The optical integrator for forming the secondary light source which consists of many light source images based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, It is illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane. It is a location in the optical path between said optical integrators and said light sources, is arranged near said irradiated plane, a location [ \*\*\*\* ], or this location, and has the light source augmentation means to which said light source image is made to expand.

[0008] It is determined that loss of said illumination light does not produce the angle of divergence of the flux of light to which invention concerning claim 2 passed through said light source augmentation means in invention according to claim 1 in said optical integrator.

[0009] Invention concerning claim 3 has two or more lens sides in which said optical integrator is arranged in the shape of two-dimensional, and each forms said light source image in invention according to claim 2, said light source augmentation means expands said light source image formed through said lens side, and said angle of divergence of said light source augmentation means is set that said said light source image expanded becomes smaller than said lens side.

[0010] In invention according to claim 1 or 2, said optical integrator is arranged in the shape of two-dimensional, and invention concerning claim 4 has two or more lens sides in which each forms said light source image.

[0011] Invention concerning claim 5 makes homogeneity substantially illumination distribution in the near-field of said light source augmentation means in invention of claim 1-4 given in any 1 term.

[0012] Invention concerning claim 6 sets to one the pattern formed in the far field of said light source augmentation means in invention of claim 1-5 given in any 1 term.

[0013] Invention concerning claim 7 makes said far field pattern of said light source augmentation means the shape of a circle configuration, elliptical, or a polygon in invention according to claim 6.

[0014] Invention concerning claim 8 forms the secondary light source which has the optical intensity distribution to which the optical reinforcement in the pupil core field which is a field on said pupil and includes an optical axis in said pupil of said illumination-light study equipment was set smaller than the field around this pupil core field in invention of claim 1-7 given in any 1 term.

[0015] In invention of claim 1-8 given in any 1 term, invention concerning claim 9 is arranged between said light sources and said optical integrators, and has further a diffracted-light study component for controlling the configuration of the secondary light source formed in the pupil of said illumination-light study equipment.

[0016] In invention according to claim 9, invention concerning claim 10 is arranged between said diffracted-light study components and said optical integrators for controlling the configuration of said secondary light source, and has a zero-order light protection-from-light means for shading the zero-order light from said diffracted-light study component for controlling the configuration of said secondary light source.

[0017] In invention according to claim 10, said optical integrator is equipped with the incidence side cover glass arranged at the incidence side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and invention concerning claim 11 forms said zero-order light protection-from-light means in said incidence side cover glass.

[0018] As for said light source augmentation means, invention concerning claim 12 has a diffracted-light study component or a diffusion plate in invention of claim 1-11 given in any 1 term. Invention concerning claim 13 gives the antireflection film to the wavelength of said illumination light in invention of claim 9-12 given in any 1 term on said diffracted-light study component or the front face of said diffusion plate.

[0019] In invention of claim 1-13 given in any 1 term, said optical integrator is equipped with the injection side cover glass arranged at the injection side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and invention concerning claim 14 prepares the protection-from-light member for shading the light which passes through a different field from said two or more lens sides to this injection side cover glass, and faces to it to said irradiated plane side.

[0020] In invention of claim 1-14 given in any 1 term, invention concerning claim 15 is arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, is equipped with the micro-lens array which consists of a substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, and gives the antireflection film to said illumination light to said lens side of this micro-lens array.

[0021] In invention of claim 1-15 given in any 1 term, invention concerning claim 16 is arranged between said light source means and said optical integrators, and is equipped with the illumination distribution amendment means for controlling independently each intensity distribution of the Fourier transform image of two or more of said light source images.

[0022] In invention according to claim 16, said optical integrator is equipped with the

incidence side cover glass arranged at the incidence side of two or more lens sides arranged two-dimensional and two or more of these lens sides, and the injection side cover glass arranged at the injection side of two or more of said lens sides, and invention concerning claim 17 arranges said illuminance distribution amendment means in the optical path between said incidence side cover glass and said injection side cover glass.

[0023] As for invention concerning claim 18, the lay length to which said illumination-light study equipment intersects perpendicularly in predetermined lay length and this predetermined direction in invention of claim 1-17 given in any 1 term forms the lighting field of a different configuration on said irradiated plane.

[0024] Moreover, invention which starts claim 19 in order to attain the 2nd above-mentioned purpose The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, It is illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane. It has the diffracted-light study component arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, and the antireflection film to said illumination light is given to the front face of this diffracted-light study component.

[0025] Moreover, invention which starts claim 20 in order to attain the 2nd above-mentioned purpose The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, It is illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane. It is arranged in the optical path between said light source means and said irradiated planes, and has the micro-lens array which consists of a substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, and the antireflection film to said illumination light is given to said lens side of this micro-lens array.

[0026] Invention concerning claim 21 is set to invention according to claim 13, 15, 19, or 20. Said antireflection film AlF<sub>3</sub> ; BaF<sub>2</sub> (Aluminum fluoride) ; CaF<sub>2</sub> (Barium fluoride) ; CeF<sub>3</sub> (Calcium fluoride) ; CsF (Cerous fluoride) ; ErF<sub>3</sub> (Cesium fluoride) ; GdF<sub>3</sub> ((Erbium) Fluoride) ; HfF<sub>2</sub> (Fluoride GADOMIUMU) LaF<sub>3</sub> ((Hafnium) Fluoride) ; LiF (Fluoride lanthanum) ; MgF<sub>2</sub> (Lithium fluoride) ; NaF (Magnesium fluoride) ; Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> (Sodium fluoride) ; Na<sub>5</sub>aluminum<sub>3</sub>F<sub>14</sub> (Cryo light) ; NdF<sub>3</sub> (Thio light) ((Neodymium) Fluoride) ; PbF<sub>2</sub> ; ScF<sub>3</sub> ((Lead) Fluoride) ; SrF<sub>2</sub> ((Scandium) Fluoride) ; TbF<sub>3</sub> (Strontium fluoride) ; ThF<sub>4</sub> ((Terbium) Fluoride) ; YF<sub>3</sub> ((Thorium) Fluoride) ; YbF<sub>3</sub>

((Yttrium) Fluoride) ; SmF<sub>3</sub> ((Ytterbium) Fluoride) ((Samarium) fluoride) DyF<sub>3</sub>(dysprosium fluoride) PrF<sub>3</sub>(praseodymium fluoride); EuF<sub>3</sub>(europium fluoride); HoF<sub>3</sub>(holmium fluoride); fluoride [ bismuth ] (BiF<sub>2</sub>); tetrafluoroethylene resin (polytetrafluoroethylene, PTFE) 3 fluoride-salt-sized methylene resin (polychlorotrifluoroethylene resin, PCTFE), Polyvinyl fluoride (the Pori vinyl fluoride, PVF), a tetrafluoroethylene-6 fluoride propylene copolymer (ethylene propylene fluoride resin, FEP), Polyvinylidene fluoride resin (polyvinylidene fluoride, PVDF), And polyacetal Fluororesin; aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(aluminum oxide); SiO<sub>2</sub>(silicon oxide); GeO<sub>2</sub>(germanium dioxide); ZrO<sub>2</sub>(zirconium dioxide); TiO<sub>2</sub>(titanium oxide); Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> which consists of at least one ingredient chosen from the group which consists of (POM) ; Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tantalum oxide) ; HfO<sub>2</sub> (Niobium oxide) ; CeO<sub>2</sub> (Oxidation hafnium) ; MgO (Cerium oxide) ; Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Magnesium oxide) ; Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Neodymium oxide) ; ThO<sub>2</sub> (Oxidation gadolinium) ; (Thorium dioxide) Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(oxidation yttrium); Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(scandium oxide); La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (lanthanum oxide) ; Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub>(oxidation praseodymium) ZnO (zinc oxide) ; PbO (lead oxide); [ The mixture group which consists of two or more ingredients chosen from the group of silicon oxide ] And the mixture group and conjugated compound group which consist of two or more ingredients chosen from the group of conjugated compound group; and an oxidation hafnium; it has one or more kinds of components chosen from mixture group and conjugated compound group; which consists of two or more ingredients chosen from the group of an aluminum oxide.

[0027] In invention concerning claim 22, in invention of claim 1-21 given in any 1 term, said light source means supplies the illumination light with a wavelength of 200nm or less. It has the quartz glass with which, as for invention concerning claim 23, the fluorine was doped by said diffracted-light study component or said micro-lens array in invention according to claim 22.

[0028] Moreover, invention which starts claim 24 in order to attain the 3rd above-mentioned purpose The optical integrator for forming the secondary light source based on the flux of light from the light source means and this light source means for supplying the illumination light, It is illumination-light study equipment equipped with the capacitor optical system for leading optically the flux of light from said optical integrator to a field [ \*\*\*\* ] with an irradiated plane or this irradiated plane. The micro-lens array which said optical integrator becomes from the substrate with which two or more lens sides were formed in the front face, It has injection side cover glass arranged at the injection side of this micro-lens array, and the protection-from-light member for shading the light which passes through a different field from said two or more lens sides of said micro-lens array to this injection side cover glass, and faces to it

to said irradiated plane side is prepared.

[0029] Invention concerning claim 25 is equipped with the incidence side cover glass with which said optical integrator has been arranged at the incidence side of said micro-lens array in invention according to claim 24.

[0030] Invention concerning claim 26 illuminates the mask with which the pattern was formed by the illumination light of a predetermined wavelength region, it is the projection aligner which carries out image formation of the image of said pattern on a substrate through projection optics, and in order to supply said illumination light to said mask, it is equipped with the illumination-light study equipment of claim 1-25 given in any 1 term.

[0031] In invention according to claim 26, the lighting field on said mask has the configuration from which predetermined lay length and the lay length which intersects perpendicularly in this predetermined direction differ, and invention concerning claim 27 performs projection exposure, changing the relative physical relationship of said mask and said lighting field.

[0032] Invention concerning claim 28 illuminates the mask with which the pattern was formed by the illumination light of a predetermined wavelength region, is the projection exposure approach of carrying out image formation of the image of said pattern on a substrate through projection optics, and supplies said illumination light to said mask using the illumination-light study equipment of claim 1-25 given in any 1 term.

[0033]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 1 is drawing showing roughly the configuration of the projection aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the operation gestalt of this invention. In drawing 1 (a), the X-axis is set [ the Z-axis ] up in the direction perpendicular to the space of drawing 1 for the Y-axis in a wafer side in the direction parallel to the space of drawing 1 in a wafer side along the direction of a normal of the wafer W which is the substrate (work piece) with which the photosensitive ingredient was applied, respectively.

[0034] The projection aligner shown in drawing 1 (a) is equipped with the excimer laser which supplies wavelength (248nm or 193nm) of light as the light source 1 for supplying exposure light (illumination light). flux of light \*\*\*\* which has the cross section of the shape of a rectangle of the request injected in accordance with the criteria optical axis AX from the light source 1 .. incidence of the parallel flux of light is carried out to the optical delay section 2.

[0035] In this optical delay section, it divides into the flux of light which advances to two

or more optical paths by which incoming beams were mutually attached to the optical-path-length difference in time, and it injects, after compounding the flux of light of these plurality again. Here, an optical-path-length difference is set up more than the time coherence length of the flux of light from the source 1 of coherent light. Therefore, a coherency (coherency) can be reduced in the wave train divided by the optical delay section 2, and generating of the interference fringe in an illuminated field or a speckle can be suppressed good. In addition, in order to suppress generating of a speckle good, it is desirable to arrange the above optical delay sections to three steps in accordance with an optical axis AX.

[0036] About this kind of optical delay means, it is indicated by JP,1-198759,A, JP,11-174365,A, JP,11-312631,A, the Japanese-Patent-Application-No. No. 21591 [ 11 to ] specification and the drawing, the Japanese-Patent-Application-No. No. 25629 [ 11 to ] specification, the drawing, etc., for example.

[0037] The flux of light divided into the incoherent multiplex pulse in time through the optical delay section 2 goes to the turret 30 which formed two or more micro-lens arrays 31 and 32.

[0038] Drawing 1 (b) is XY top view which looked at the turret 30 from the injection side. As shown in drawing 1 (b), the turret 30 is usually equipped with the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting, the micro-lens array 32 for multipoles (for example, four pole, eight poles, etc.) lighting, and the hole 33 for lighting. Here, the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting has the lens side of a large number arranged in the shape of a two-dimensional matrix on XY flat surface, and the cross-section configuration in XY flat surface of these lens sides is a hexagon-like. Moreover, the micro-lens array for multipole lighting also has the lens side of a large number arranged in the shape of a two-dimensional matrix on XY flat surface, and the cross-section configuration in XY flat surface of these lens sides is a square-like.

[0039] The following explanation mainly explains the case where the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting is set up all over an illumination-light way. It returns to drawing 1 (a), and two or more lens sides of the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting condense the flux of light from the light source 1 through the optical delay section 2, and form two or more light source images (when the refractive power of a lens side is forward, it is a real image, and it is a virtual image at the time of negative), and the emission flux of light which has a predetermined angle of divergence injects from this micro-lens array 31. The afocal zoom optical system 4 is arranged at the injection side of the micro-lens array 31. The afocal zoom optical system 4 is constituted so that the angular magnification may serve as adjustable, and after minding the afocal zoom

optical system 4, the emission flux of light which carries out incidence is injected so that it may become an include angle according to the set-up angular magnification. The flux of light injected from the afocal zoom optical system 4 goes to the turret 50 equipped with two or more diffracted-light study components 51-53.

[0040] Drawing 1 (c) is XY top view which looked at the turret 50 from the injection side. The turret 50 is equipped with the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting, the diffracted-light study component 52 for multipoles (for example, four pole, eight poles, etc.) lighting, and the diffracted-light study component 53 usually for lighting as shown in drawing 1 (c).

[0041] these diffracted-light study components form the level difference which has the pitch of wavelength extent of exposure light (illumination light) in the substrate (glass substrate) of light transmission nature here -- it is constituted and has the operation which diffracts an incident beam at a desired include angle. Specifically, the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting changes the flux of light which carried out incidence in accordance with the optical axis (Z-axis) of illumination-light study equipment into the emission flux of light which has an anular shape-like cross section in a far field (long-sight field) field. moreover, the diffracted light study component 52 for multipole lighting be change into two or more emission flux of lights which have the cross section of 4-fold pole configuration used as four points that the flux of light which carried out incidence in accordance with the optical axis (Z-axis) of illumination light study equipment be locate in the 1st - the 4th quadrant in XY coordinate which made the optical axis the zero in the far field field, respectively. And the diffracted-light study component 53 for lighting usually changes the flux of light which carried out incidence in accordance with the optical axis of illumination-light study equipment into the emission flux of light which has a circular cross section in a far field field.

[0042] In addition, since there is effectiveness of reducing generating of the interference fringe in an illuminated field or a speckle in a diffracted-light study component, depending on the case, installation of the optical delay section 2 is also omissible. Now, when it returns to drawing 1 (a) and the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting is set up into an optical path, the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting is set up all over an illumination-light way. Since the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting is illuminated by the flux of light which has the predetermined include angle (numerical aperture) given according to not the parallel flux of light but the micro-lens array 31, and the afocal zoom optical system 4, not the optical intensity distribution of the shape of a ring whose

width of face is zero substantially but the optical intensity distribution of the shape of zona orbicularis which has the width of face according to the above-mentioned predetermined include angle (the shape of a doughnut) are formed in the far field field. [0043] In the example of drawing 1 (a), the zoom optical system 6 which follows the diffracted-light study component 51 (52 53) forms the far field field in the distance (a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location, or its near) of finite. Therefore, optical zona-orbicularis-like intensity distribution are formed in a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location, or the location of the near.

[0044] Here, zooming of them is proportionally carried out-like by changing the focal distance of the zoom optical system 6, optical zona-orbicularis-like intensity distribution maintaining the zona-orbicularis ratio (ratio of a bore to the outer diameter of the zona orbicularis). Moreover, since it is possible to change the width of face (difference of the outer diameter of the zona orbicularis and a bore) of the zona orbicularis by changing the angular magnification of the afocal zoom optical system 4 as above-mentioned, a zona-orbicularis ratio and zona-orbicularis width of face can be independently set as any value by adjusting independently the angular magnification and the focal distance of such afocal zoom optical system 4 and the zoom optical system 6.

[0045] Moreover, the case where both the micro-lens arrays 32 and diffracted-light study components 52 for multipole lighting are set up all over an illumination-light way is explained briefly. Since two or more lens sides which have a rectangle cross section are formed in the micro-lens array 32 as above-mentioned, The flux of light which it was injected from the micro-lens array 32, and carried out incidence to the afocal zoom optical system 4 It becomes the flux of light which has a rectangle cross section in the pupil surface at the time of making the object point of the afocal zoom optical system 4 into the micro-lens array 32, and incidence is carried out to the diffracted-light study component 52 as the flux of light which has an include angle (numerical aperture) according to the angular magnification of the afocal zoom optical system 4.

[0046] Two or more flux of lights which have four rectangle cross sections located in each of the 1st - the 4th quadrant in XY coordinate which made the optical axis the zero arrive at the far field field of the diffracted-light study component 52, i.e., a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location, and the location of the near.

[0047] Here, the magnitude of the rectangle of the flux of light of four rectangle cross sections formed in a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location or the location of the near is changed by changing the angular magnification of the afocal zoom optical system 4 like the time of zona-orbicularis lighting, respectively. Moreover, the distance from the optical axis of the center position of the flux of light of four rectangle cross

sections formed in a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location or the location of the near is changed by changing the focal distance of the zoom optical system 6.

[0048] Moreover, if the time of lighting is usually explained, at this time, the hole 33 and the diffracted-light study component 53 of a turret 30 will be set as an illumination-light way. Therefore, the afocal zoom optical system 4 receives the parallel flux of light of the rectangle cross section from the optical delay section 2, and has the function to change the width of face of XY cross section of the parallel flux of light according to the angular magnification. That is, at the time of lighting, the afocal zoom optical system 4 usually functions as a beam expander.

[0049] In order that the diffracted-light study component 53 may form in a far field field the flux of light which has a circular cross section in response to the parallel flux of light as above-mentioned, the flux of light which has a circular cross section is formed in a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location, or the location of the near. Here, the diameter of the flux of light of a circular cross section is changed by changing the focal distance of the zoom optical system 6.

[0050] In addition, the projection aligner of drawing 1 (a) The lens of the 1st mechanical component 34 which drives a turret 30 and performs exchange and insertion and detachment of a micro-lens array, and the afocal zoom optical system 4 is driven. It has the 2nd mechanical component 44 which changes the angular magnification, the 3rd mechanical component 54 which drives a turret 50 and exchanges a diffracted-light study component, and the 4th mechanical component 64 which drives the lens of the zoom optical system 6 and changes the focal distance. It connects with the control section 14, respectively, and these 1st [ the ] - the 4th mechanical component 34, 44, 54, and 64 are controlled by the command from this control section 14.

[0051] Now, incidence of the flux of light from the zoom optical system 6 is carried out to the optical integrator 7 which has the micro-lens array of a pair. Hereafter, the optical integrator 7 is explained with reference to drawing 2 - drawing 4 .

[0052] Drawing 2 (a) is YZ sectional view of the optical integrator 7, and drawing 2 (b) is XY top view of the micro-lens array 71 in the optical integrator 7 (72).

[0053] As shown in drawing 2 (a), the optical integrator 7 of this operation gestalt has the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair, the incidence side cover glass 73 located in the incidence side of a micro-lens array, the injection side cover glass 74 located in the injection side of a micro-lens array, and the diffracted-light study component 75 as a light source augmentation means.

[0054] here, the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair have the same basic configuration mutually, and show it to drawing 2 (b) -- as -- the shape of a two-dimensional matrix --

and it is the optical element equipped with microlens element 71a (72a) of the forward refractive power of the rectangle-like cross section of a large number arranged densely. Each micro-lens arrays 71 and 72 are constituted by performing etching processing to the parallel flat-surface glass substrate 701 of a square configuration mostly, and forming a microlens side in the service area 702 of a circle configuration.

[0055] In addition, although only microlens side 71a (71b) of a large number formed in the incidence side of each micro-lens array 71 (72) was illustrated in drawing 2 (b), each micro-lens array 71 (72) has microlens side 71b (72b) formed in each which is two or more microlens side 71a (72a) formed in the incidence side, and a coaxial at the injection side. This microlens side 71b (72b) is also formed in the service area of a circle configuration of the etching processing performed to the parallel flat-surface glass substrate 701.

[0056] In the optical integrator 7 in this operation gestalt, 1000 - 50000 pieces or microlens side 71a (71b, 72a, 72b) of the number beyond it is formed in the service area 702. The magnitude of this microlens side can set the diameter of about 0.54mmx0.2mm and a service area 702 to phi86mm, and can make the number of a microlens side about 50000 pieces in this case. In addition, the number of the microlens sides formed in a micro-lens array for the clear-izing is expressed with the drawing actually more very few.

[0057] Since the plane of incidence of the micro-lens array 71 is arranged conjugate [ which are an irradiated plane / the Wth page of a wafer and conjugate ] so that it may mention later, the shape of an appearance of one microlens side is rectangle-like - with the lighting field on Wafer W, and the similarity configuration-book operation gestalt.

[0058] Drawing 3 is the optical-path Fig. of the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair. As shown in drawing 3 , the microlens sides 71a and 71b of the pair of the micro-lens array 71 and the microlens sides 72a and 72b of the pair of the micro-lens array 72 meet the optical axis shown with the alternate long and short dash line in drawing, and are arranged at the coaxial.

[0059] As a continuous line shows to drawing 3 , the flux of light which carried out incidence in parallel with the synthetic optical system which consists of microlens sides 71a, 71b, 72a, and 72b arranged in accordance with the optical axis forms a light source image in a backside [ the synthetic optical system ] focal plane. Moreover, as a broken line shows to drawing 3 , it is constituted so that a before [ the synthetic optical system which consists of microlens sides 71a, 71b, 72a, and 72b arranged in accordance with the optical axis ] side focal plane may be in agreement with the plane of incidence (microlens side 71a) of the micro-lens array 71.

[0060] Also in microlens sides other than the microlens side arranged in accordance with an optical axis, it is positioned so that each of two or more microlens sides by the side of the incidence of the micro-lens array 71, two or more microlens sides by the side of injection, two or more microlens sides by the side of the incidence of the micro-lens array 72, and two or more microlens sides by the side of injection may also serve as a coaxial to an axis parallel to an optical axis.

[0061] Therefore, the secondary light source which consists of the aggregate of many light source images is formed in a backside [ the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair ] focal plane. In addition, with this operation gestalt, the backside [ the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair ] focal plane serves as a pupil (lighting pupil) of illumination-light study equipment.

[0062] The configuration of the secondary light source turns into a cross-section configuration of the flux of light which carries out incidence to the optical integrator 7, and a configuration of almost similarity here. for example, when the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting and the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting are set up all over an illumination-light way When zona-orbicularis-like the secondary light source is formed in a lighting pupil and the micro-lens array 32 for multipole (4-fold pole) lighting and the diffracted-light study component 52 for multipole (4-fold pole) lighting are set up all over an illumination-light way The secondary light source (aggregate of four light source images of the rectangle cross section located in each of the 1st - the 4th quadrant in XY coordinate which made the optical axis the zero) which has four rectangle cross sections which carried out eccentricity to the optical axis is formed in a lighting pupil. Moreover, at the time of lighting, the secondary light source of a circle configuration is usually formed in a lighting pupil.

[0063] It returns to drawing 1 . Now, in the location of a lighting pupil (backside [ the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair ] focal plane) The flux of light from the secondary light source which the tris diaphragm 8 which can change the diameter of opening of a circle configuration continuously is arranged, and is formed in the location of this tris diaphragm 8 It is condensed by the zoom capacitor optical system 9 positioned in the location of a tris diaphragm 8, and a before side focus illuminates in superposition the lighting field diaphragm (reticle blind) 10 positioned near the after that side focus. In addition, in this operation gestalt, the zoom capacitor optical system 9 is later mentioned about the operation, although it is the zoom lens which has the projection property of  $f \sin \theta$ . In addition, the diameter of opening of a tris diaphragm 8 is set as the predetermined diameter of opening by the drive of the 5th mechanical component

controlled by the above-mentioned control section 14.

[0064] the lighting field-diaphragm image formation optical system 11 (blind image formation system) by which the flux of light which passed opening of the lighting field diaphragm 10 forms the image of opening of a lighting field diaphragm in the pattern side of Reticle R -- minding -- the pattern side of Reticle R -- opening of a lighting field diaphragm, and an analog -- the lighting field of a \*\* is formed.

[0065] The light from a reticle pattern located in this lighting field reaches on Wafer W through the projection optics PL located between Reticle R and Wafer W, and forms the image of a reticle pattern in the exposure field on Wafer W. Here, Reticle R is laid on the reticle stage 12 movable in the direction of Y at least, and Wafer W is laid on the movable wafer stage 13 two-dimensional in XY flat surface at least.

[0066] With this operation gestalt, the configuration of the exposure field on Wafer W and the lighting field on Reticle R has the shape of a rectangle which has a longitudinal direction in the direction of X (slot configuration). By moving Reticle R and Wafer W to projection optics PL with the velocity ratio according to the projection scale factors (for example, 1/4 time to 1/5 a time to 1/6 time etc.) of projection optics The pattern image formed in the pattern formation field of Reticle R can be imprinted to one shot field on Wafer W.

[0067] Now, in this operation gestalt, the secondary light source of a zona-orbicularis configuration or a multipole configuration is substantially formed without a quantity of light loss using the micro-lens arrays 31 and 32 and the diffracted-light study components 51 and 52 as mentioned above. In the secondary light source (secondary light sources, such as a zona-orbicularis configuration and a multipole configuration) which has the optical intensity distribution to which the optical reinforcement in a pupil core field including such an optical axis was set smaller than the field around a pupil core field, the energy density of the light source image of a large number which form this secondary light source becomes high.

[0068] In this case, in the micro-lens array 72 located near many light source images, or injection side cover glass 74, there are a possibility that the antireflection film and the substrate itself which is prepared in those front faces may be destroyed, and a possibility of causing degradation and aging of permeability although destruction does not result.

[0069] So, with this operation gestalt, the diffracted-light study component 75 as a light source augmentation means is arranged to the light source side of the micro-lens array 71 which constitutes some optical integrators 7. Hereafter, with reference to drawing 4 and drawing 5 , the function of the diffracted-light study component 75 as a light source

augmentation means is explained.

[0070] Drawing 4 is the principle explanatory view of the diffracted-light study component 75, and shows the diffracted-light study component 75 and incidence side lens side 71a of the micro-lens array 71 here. As shown in drawing 4 (a), the diffracted-light study component 75 has the function to make the parallel flux of light which carries out incidence there emit by the predetermined angle of divergence theta. At this time, the far field pattern FFP with which the cross section in XY flat surface serves as a circle configuration mostly as shown in drawing 4 (b) is formed in the far field field FF of the diffracted-light study component 75. Moreover, the diffracted-light study component 75 may form the far field pattern FFP with which the cross section in XY flat surface becomes rectangle-like mostly as shown in drawing 4 (c).

[0071] Drawing 5 is drawing showing the optical path of the emission flux of light from the diffracted-light study component 75. In drawing 5, a continuous line shows an optical axis and the parallel flux of light which advances to parallel among the emission flux of lights from the diffracted-light study component 75, a broken-line broken line shows the parallel flux of light which advances to the slant up side to an optical axis, and the two-dot chain line shows the parallel flux of light which goes to the slant bottom to an optical axis.

[0072] Here, the parallel flux of light parallel to the optical axis shown by the drawing solid line is refracted according to each lens sides 71a-72b of the micro-lens arrays 71 and 72 of a pair, and intersects an optical axis in the location (location of a lighting pupil) of the lighting aperture diaphragm 8. That is, the light source image based on the parallel flux of light parallel to an optical axis is formed in the location on this optical axis. The parallel flux of light which advances to the slant bottom on the other hand to the optical axis shown by the drawing destructive line The parallel flux of light which advances to the slant bottom to the optical axis which is refracted according to the lens sides 71a-72b, condenses above the optical axis of the location (location of a lighting pupil) of the lighting aperture diaphragm 8, and is shown by 2 point lead lines in drawing It is refracted according to the lens sides 71a-72b, and condenses below the optical axis of the location (location of a lighting pupil) of the lighting aperture diaphragm 8. Since the angular distribution of the light diverging from the diffracted-light study component 75 is [ that it is not discrete and ] continuous, the divided not a light source image but expanded light source image SI are formed in the location of the lighting aperture diaphragm 8.

[0073] Although drawing 5 described the light source image SI by the lens sides 71a-72b arranged in accordance with an optical axis, the micro-lens arrays 71 and 72 have in

fact the group of two or more lens sides arranged along with two or more axes parallel to an optical axis, and the light source image SI to which plurality was expanded will be formed in the location of a lighting aperture diaphragm.

[0074] Thus, in the expanded light source image SI, since an energy density becomes low, neither a possibility that the antireflection film and the substrate itself in the micro-lens array 72 or injection side cover glass 74 may be destroyed, nor a possibility of causing degradation and aging of permeability although destruction does not result is. Therefore, the stable irradiated plane can be illuminated.

[0075] Now, as for the angle of divergence of the diffracted-light study component 75 as a light source augmentation means, in this operation gestalt, it is desirable that it is determined that loss of the illumination light does not arise in the optical integrator 7. That is, when the optical integrator 7 has two or more microlens sides (71a, 71b, 72a, or 72b) arranged in the shape of two-dimensional like this operation gestalt, it is desirable to define the angle of divergence of the diffracted-light study component 75 so that the magnitude of the expanded light source image SI may become smaller than the magnitude in XY flat surface of a microlens side (71a, 71b, 72a, or 72b).

[0076] When the magnitude of the light source image SI to which the angle of divergence of the diffracted-light study component 75 was expanded becomes larger than the magnitude in XY flat surface of the microlens side (71a, 71b, 72a, or 72b) of the optical integrator 7 here The flux of light advances except two or more microlens sides (71a, 71b, 72a, or 72b), and since this flux of light stops contributing to secondary light source formation, quantity of light loss produces it. In addition, the magnitude of the expanded light source image SI becomes settled with an include angle (numerical aperture), the diffracted-light study component 75, the micro-lens array 71, a distance of the focal distance of not only the angle of divergence of the diffracted-light study component 75 but the micro-lens arrays 71 and 72, and the flux of light which carries out incidence to the diffracted-light study component 75, etc.

[0077] The angle of divergence of the diffracted-light study component 75 is made into 2 degrees · about 3 degrees, and the magnitude of the light source image SI is made to become about 2 times with this operation gestalt to the magnitude of the light source image when not inserting the diffracted-light study component 75.

[0078] Now, it returns to drawing 4 (a), and the diffracted-light study component as a light source augmentation means is arranged so that incidence side lens side 71a of the micro-lens array 71 may be located near the near-field field NF. Here, since each of two or more incidence side lens side 71a of the micro-lens array 71 serves as an exposure field on Wafer W, and arrangement [ \*\*\*\* / almost ], when unevenness is in illumination

distribution within incidence side lens side 71a, it has a possibility that the illumination distribution in the exposure field on Wafer W may become uneven.

[0079] Therefore, as for the diffracted-light study component as a light source augmentation means, it is desirable that the illumination distribution of the near-field field is almost uniform. Now, if each of two or more light source images twisted to an optical integrator like this operation gestalt is expanded, the effectiveness that a sigma value (reticle side numerical aperture of the illumination-light study equipment to the reticle side numerical aperture of projection optics) can be set up continuously can also be acquired. Hereafter, it explains with reference to drawing 6.

[0080] Drawing 6 is the top view which looked at the optical integrator from the injection side side, drawing 6 (a) shows the condition that the light source image S which is not expanded is formed, and drawing 6 (b) shows the condition that the expanded light source image S is formed.

[0081] Since two or more light source image S is discretely arranged when the light source image S which is not expanded as shown in drawing 6 (a) is formed, as a drawing solid line shows, the outer diameter of the secondary light source cannot be set up discretely. Since spacing of the light source image IS to which plurality was expanded becomes dense when the light source image SI expanded on the other hand as shown in drawing 6 (b) is formed, as a drawing destructive line shows, the outer diameter of the secondary light source can be set up almost continuously. The effectiveness which can control a sigma value continuously and can raise the image formation engine performance of a projection aligner by this can be acquired.

[0082] In addition, it is effective especially when there is little number of two or more lens sides which constitute an optical integrator (the magnitude of two or more lens sides is large). Moreover, the effectiveness that the damage to the optical member by flare light can be reduced is also produced by expanding each of two or more light source images twisted to an optical integrator like this operation gestalt. Flare light occurs between the optical system from an optical integrator to a wafer, and a case so that the flare light may connect a focus to the interior of the optical member of the optical system concerned or its near is assumed. In this case, if the magnitude of the light source image itself is large, the energy in the condensing location of flare light itself and the effectiveness which can extend a period, i.e., a life, since it will become low, until it prevents destruction of an optical member (or thin film on an optical member) or results to destruction will also be produced.

[0083] Now, although the diffracted-light study component 75 was used as a light source augmentation means with the above-mentioned operation gestalt, as a light source

augmentation means, it may be a dioptics component or you may be a diffusion plate. Even if it is the case where a dioptics component and a diffusion plate are used as a light source augmentation means here, it is set as the value of a request of the range of the angle of divergence from a light source augmentation means, and it is desirable that the illuminance distribution in the far field field of a light source augmentation means and the illuminance distribution in a near-field field (or the irradiated plane in an optical integrator and a location [ \*\*\*\* ]) are uniform distribution substantially.

[0084] Moreover, although the light source augmentation means made the configuration of the far field pattern formed in a far field field the shape of a circle configuration or a rectangle with the above-mentioned operation gestalt as shown in drawing 4 (b) and (c), the configuration of this far field pattern is not restricted to this. For example, various configurations, such as the shape of a polygon, such as the shape of the shape of the shape of a rectangle (the shape of the shape of a square and a rectangle) and a hexagon, trapezoidal shape, and a rhombus and 8 square shapes, elliptical, and a radii configuration, can be taken. However, as for the configuration of the far field pattern of a light source image formation means, it is desirable that it is the configuration of a lighting field and similarity which are formed in an irradiated plane.

[0085] Now, the light from the secondary light source formed in the injection side of the optical integrator 7 is condensed, and the capacitor optical system 9 for illuminating the lighting field diaphragm 10 in superposition consists of above-mentioned operation gestalten so that the projection property may be set to  $F_{\text{sintheta}}$ . The chief ray at the time of setting the focal distance of the capacitor optical system 9 to  $F$ , and specifically presupposing that a before [ the capacitor optical system 9 ] side focal location is an entrance pupil is considered. When setting to  $Y$  distance from the optical axis of the location which sets the angle of incidence to the capacitor optical system 9 of the chief ray concerned to theta, and this chief ray is injected from the capacitor optical system 9, and carries out incidence to an irradiated plane, or it and a field [ \*\*\*\* ] (1) The projection relation of  $Y=F_{\text{sintheta}}$  is satisfied., In addition, the capacitor optical system 9 in this operation gestalt is maintaining the projection relation of the above-mentioned (1) formula mostly on the occasion of zooming, although a focal distance is strange good zoom optical system.

[0086] Thus, when the capacitor optical system 9 is constituted and the secondary light source can regard it as the perfect-diffuse-surface light source in approximation, the illuminance and numerical aperture within XY flat surface in which the lighting field diaphragm 10 is located can be set constant irrespective of the location within XY side.

[0087] And in order that the secondary light source formed by the optical integrator 7

may enable it to regard it as the perfect-diffuse-surface light source in approximation, he forms in an aspheric surface configuration the microlens sides 71a, 72b, 72a, and 72b which the optical integrator 7 has, and is trying to attain amendment of the spherical aberration of the optical integrator 7, and amendment (satisfaction of sine condition) of comatic aberration with this operation gestalt. Therefore, it is possible for the illumination-light bundle of a homogeneity illuminance and homogeneity numerical aperture to reach the lighting field diaphragm 10, as a result to attain the homogeneity of an illuminance and the homogeneity of numerical aperture to it with this operation gestalt, in the exposure field whole region on the wafer W which is an irradiated plane. [0088] In addition, although all the microlens sides 71a, 72b, 72a, and 72b are formed in the same aspheric surface configuration in this example in order to make manufacture easy, the configurations of these microlens sides may not differ mutually and also need to establish the aspheric surface in no microlens sides.

[0089] Moreover, all the microlens sides 71a, 72b, 72a, and 72b that the optical integrator 7 has may be formed in a spherical-surface configuration. In this case, if it is made to change the field configuration of each microlens side mutually, it will become possible to amend spherical aberration and to satisfy sine condition.

[0090] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although the micro-lens arrays 71 and 72 are applied as an optical integrator 7 instead, the fly eye lens constituted by accumulating two or more cylindrical lenses in the shape of a two-dimensional matrix may be applied.

[0091] Here, the micro-lens array and the fly eye lens are common to the point that many microlens sides are arranged in the shape of a two-dimensional matrix. However, a micro-lens array is the point currently formed in one, without isolating many microlens elements mutually, and differs from the fly eye lens which consists of a lens element isolated mutually.

[0092] Furthermore, in a micro-lens array, there is an advantageous point that magnitude of the microlens side can be made minute, as compared with a fly eye lens. Since the wavefront-splitting effectiveness of the optical integrator 7 becomes very large by making magnitude of a microlens side minute here, it becomes possible to raise the illuminance homogeneity in an irradiated plane (the Wth page of wafer), and when lighting conditions are changed further (usually lighting to deformation lighting etc.), it becomes possible to suppress fluctuation of the illuminance distribution in an irradiated plane, and fluctuation of telecentricity to a very small value.

[0093] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, in order to avoid that the front face of the micro-lens arrays 71 and 72 and the diffracted-light study component

75 as a light source augmentation means is polluted by the photochemical reaction, it has incidence side cover glass 73 and injection side cover glass 74. Therefore, what is necessary is to exchange only the cover glass 73 and 74 of a pair, without exchanging the micro-lens arrays 71 and 72 and the diffracted-light study component 75 of a pair, even if contamination by photochemical reaction takes place. In addition, in the optical path between the cover glass 73 and 74 of a pair, it is desirable that the inert gas which raised the air cleanliness class, such as air, a dried air, nitrogen, and helium, is purged. [0094] In addition, such cover glass 73 and 74 is effective also in an above-mentioned fly eye lens. Moreover, in an above-mentioned example, although the diffracted-light study component 75 has been arranged between incidence side cover glass 73 and the micro-lens array 71, a diffraction side, a refracting interface, or the optical diffusing surface may be formed in the flat surface by the side of injection of incidence side cover glass 73 (micro-lens array side), and a light source augmentation means may be formed in the injection side of incidence side cover glass 73.

[0095] Moreover, in order to control the illuminance distribution in an irradiated plane (the Wth page of wafer), when arranging the optical member (permeability distribution controller material) for adjusting permeability distribution to an irradiated plane and a location [ \*\*\*\* / almost ], it is more desirable [ it is an optical path by the side of the light source, and ] than an optical integrator to arrange in the optical path between incidence side cover glass 73 and the micro-lens array 71. It is possible for this to reduce contamination of permeability distribution controller material. In addition, as for this permeability distribution controller material, it is desirable to arrange in the optical path between the diffracted-light study component 75 as a light source augmentation means and the micro-lens array 71 (two or more lens sides arranged in the shape of two-dimensional).

[0096] Such permeability distribution controller material is indicated by for example, JP,64-42821,A, JP,7-130600,A, JP,9-223661,A, JP,10-319321,A, JP,2000-21750,A, JP,2000-39505,A, WO 99/No. 36832 official report, etc.

[0097] Now, in an above-mentioned operation gestalt, since the location near the plane of incidence of the optical integrator 7 is a backside [ the zoom optical system 6 by the side of that incidence ] focal location, when a part for zero-order Mitsunari is injected from the diffracted-light study components 51-53 according to factors, such as a manufacture error, there is a possibility that the amount of this zero-order Mitsunari may become noise light.

[0098] Moreover, when two or more lens sides arranged in the shape of two-dimensional like a fly eye lens are not dense, or when being formed so that densely [ two or more lens

sides] for convenience' sake on manufacture of a micro-lens array, there is a possibility that the leakage light from between two or more lens sides may turn into noise light.

[0099] In such a case, what is necessary is just to prepare the protection-from-light member for shading a part for above-mentioned zero-order Mitsunari, and leakage light to injection side cover glass. Hereafter, the protection-from-light member prepared in injection side cover glass with reference to drawing 7 is explained.

[0100] Drawing 7 is drawing for explaining the configuration of the optical integrator which prepared the protection-from-light member in injection side cover glass, and it is XY top view in which drawing 7 (a) shows YZ sectional view, and drawing 7 (b) shows the physical relationship of injection side cover glass and a fly eye lens. In addition, in the example of drawing 7, the optical integrator has applied not a micro-lens array but the fly eye lens.

[0101] The optical integrator shown in drawing 7 (a) is equipped with the fly eye lens 710 which has incidence side cover glass 730, the diffracted-light study component 75 as a light source augmentation means, and two or more cylindrical lens elements accumulated in the shape of a two-dimensional matrix in XY flat surface sequentially from the incidence side of light, and injection side cover glass 740. These optical members are arranged so that it may become a coaxis in accordance with the optical axis shown with the alternate long and short dash line in drawing.

[0102] Here, the protection-from-light pattern 741 is formed in injection side cover glass 740. This protection-from-light pattern 741 is formed by vapor-depositing chromium etc. on injection side cover glass 740.

[0103] As shown in drawing 7 (b), the protection-from-light pattern 741 is positioned in XY flat surface so that between two or more lens elements (a broken line illustrates only injection side lens side 710b in drawing 7 (b)) which constitute a fly eye lens may be covered. Moreover, this protection-from-light pattern has also covered the location near [ that ] the optical axis, in order to shade a part for zero-order Mitsunari from the diffracted-light study components 51-53.

[0104] In addition, as show in drawing 8, in order that the amount of [ from the diffracted light study components 51-53 ] zero-order Mitsunari may condense in a backside [ the zoom optical system 6 ] focal location and it may prevent the damage to the thin film on the optical member ( the incidence side cover glass, micro lens array 71 grade) and the optical member concerned near the condensing point location, the protection from light pattern 731 may be form in the location near the optical axis of incidence side cover glass 730.

[0105] Now, it returns to drawing 1 (a) and the configuration of the zoom capacitor

optical system 9 is explained. The zoom capacitor optical system 9 is equipped with two or more lens groups along the direction of an optical axis (Z direction in drawing), and the focal distance can be made adjustable by changing those spacing. At this time, the before [ the zoom capacitor optical system 9 ] side focal location is substantially in agreement with the location (the location of a tris diaphragm 8, or location of a lighting pupil) of the secondary light source which the optical integrator 7 forms. Moreover, the lighting field diaphragm 10 is positioned in the backside [ the zoom capacitor optical system 9 ] focal location. Here, the zoom capacitor optical system 9 is constituted so that a before [ the zoom capacitor optical system 9 ] side and a backside focal location may not be changed at the time of focal distance adjustable [ the ]. Migration in the direction of an optical axis of two or more lens groups of zoom capacitor optical system is performed by the 6th mechanical component.

[0106] Thus, by changing the focal distance of the zoom capacitor optical system 9, it is possible to change the lighting area size formed in the location of the lighting field diaphragm 10.

[0107] Here, the lighting field diaphragm 10 has four protection-from-light wings, two of protection-from-light wings of these have the pair of the protection-from-light side which met in the direction of X in drawing, and the two remaining protection-from-light wings have the pair of the protection-from-light side which met in the direction of Y in drawing. It is possible to set the magnitude of opening of the shape of a rectangle which drives these four protection-from-light wings by the 7th mechanical component 104, and is formed of the protection-from-light side of four protection-from-light wings in every direction as any value. In addition, you may be the configuration of having the protection-from-light side where the shape of L character intersected perpendicularly instead of four protection-from-light wings, and having 2 sets of movable protection-from-light members in XY flat surface.

[0108] It is possible to change without quantity of light loss of the lighting area size formed on a reticle by this according to the property of the reticle to be used. In addition, although the numerical aperture of the illumination light on the location of the lighting field diaphragm 10 as a result Reticle R, or Wafer W will change by changing the focal distance of the zoom capacitor optical system 9, this can be compensated by changing magnitude of the secondary light source by changing the focal distance of the above-mentioned zoom optical system 6.

[0109] In addition, these 6th and 7th mechanical components are also controlled by the control section 14. Next, actuation of a control section 14 is explained. The control section 14 is connected to the input section 15 which consists of a reticle bar code reader

arranged all over a console or the conveyance way of Reticle R.

[0110] And the information about various kinds of reticles which should carry out sequential exposure, the information about the lighting conditions of various reticles, the information about the exposure conditions of various wafers, etc. are inputted into a control section 14 through this input section 15.

[0111] About various kinds of reticles and wafers, the control section 14 has memorized information, such as magnitude of a request of a lighting field (exposure field), optimal lighting numerical aperture, optimal line breadth (resolution), and the desired depth of focus, in internal memory, answers an input from an input means, and supplies the suitable control signal for the 1st - the 7th mechanical component.

[0112] For example, when usually carrying out circular lighting under the lighting field of desired magnitude, the optimal lighting numerical aperture, the optimal resolution, and the desired depth of focus, the 1st mechanical component 34 positions a hole 33 in an illumination-light way based on the command from a control section 14, and the 3rd mechanical component usually sets up the diffracted-light study component 53 for lighting in an illumination-light way based on the command from a control section 14. And in order to obtain the lighting field which has desired magnitude on Reticle R, the 6th mechanical component 94 sets up the focal distance of the zoom capacitor optical system 9 based on the command from a control section 14, and the 7th mechanical component 104 sets up the magnitude and the configuration of opening of the lighting field diaphragm 10 based on the command from a control section 14. Moreover, in order to obtain desired lighting numerical aperture on Reticle R, the 4th mechanical component 64 sets up the focal distance of the zoom optical system 6 based on the command from a control section 14. Furthermore, where quantity of light loss is suppressed good, in order to specify the outer diameter of the secondary light source of the circle configuration which the optical integrator 7 forms, the 5th mechanical component 84 sets up the diameter of opening of a tris diaphragm 8 based on the command from a control section 14.

[0113] In addition, what is necessary is just to set a tris diaphragm 8 as sufficient diameter of opening to shade the flare light of the outside of the secondary light source of a circle configuration in this operation gestalt, since the secondary light source of the circle configuration of the magnitude of arbitration is formed without shading the flux of light according to the zoom optical system 6.

[0114] Moreover, it is possible by combining modification actuation of the focal distance of the zoom optical system 6 by the 4th mechanical component 64, and modification actuation of the focal distance of the zoom capacitor optical system 94 by the 6th

mechanical component 94 to change the lighting area size and lighting numerical aperture in Reticle R mutually independent.

[0115] Moreover, when performing zona-orbicularis lighting under the lighting field of desired magnitude, the optimal lighting numerical aperture, the optimal resolution, and the desired depth of focus, the 1st mechanical component 34 positions the micro-lens array 31 for zona-orbicularis lighting in an illumination-light way based on the command from a control section 14, and the 3rd mechanical component sets up the diffracted-light study component 51 for zona-orbicularis lighting in an illumination-light way based on the command from a control section 14. And in order to obtain the lighting field which has desired magnitude on Reticle R, the 6th mechanical component 94 sets up the focal distance of the zoom capacitor optical system 9 based on the command from a control section 14, and the 7th mechanical component 104 sets up the magnitude and the configuration of opening of the lighting field diaphragm 10 based on the command from a control section 14. Moreover, in order to obtain desired lighting numerical aperture on Reticle R, the 4th mechanical component 64 sets up the focal distance of the zoom optical system 6 based on the command from a control section 14. Furthermore, where quantity of light loss is suppressed good, in order to specify the outer diameter of the secondary light source of the zona-orbicularis configuration which the optical integrator 7 forms, the 5th mechanical component 84 sets up the diameter of opening of a tris diaphragm 8 based on the command from a control section 14.

[0116] In addition, what is necessary is just to set a tris diaphragm 8 as sufficient diameter of opening to shade the flare light of the outside of the zona-orbicularis-like the secondary light source in this operation gestalt, since the secondary light source of the shape of zona orbicularis which has the zona-orbicularis ratio of arbitration and the outer diameter of arbitration is formed without shading the flux of light according to the diffracted-light study component 51 and the zoom optical system 4 and 6 for zona-orbicularis lighting.

[0117] Moreover, the lighting numerical aperture at the time of above-mentioned zona-orbicularis lighting is defined with the beam of light injected from the location of the outermost part of the zona-orbicularis-like the secondary light source. Furthermore, when performing 4-fold pole lighting under the lighting field of desired magnitude, the optimal lighting numerical aperture, the optimal resolution, and the desired depth of focus, the 1st mechanical component 34 positions the micro-lens array 31 for 4-fold pole lighting in an illumination-light way based on the command from a control section 14, and the 3rd mechanical component sets up the diffracted-light study component 51 for 4-fold pole lighting in an illumination-light way based on the command from a control

section 14. And in order to obtain the lighting field which has desired magnitude on Reticle R, the 6th mechanical component 94 sets up the focal distance of the zoom capacitor optical system 9 based on the command from a control section 14, and the 7th mechanical component 104 sets up the magnitude and the configuration of opening of the lighting field diaphragm 10 based on the command from a control section 14. Moreover, in order to obtain desired lighting numerical aperture on Reticle R, the 4th mechanical component 64 sets up the focal distance of the zoom optical system 6 based on the command from a control section 14. Furthermore, in order to shade the flare light of the outside of the secondary light source of 4-fold pole configuration, the 5th mechanical component 84 sets up the diameter of opening of a tris diaphragm 8 based on the command from a control section 14.

[0118] In addition, the lighting numerical aperture at the time of above-mentioned 4-fold pole lighting is defined with the beam of light injected from the location most distant from the optical axis among the secondary light sources of 4-fold pole configuration. Moreover, although the capacitor optical system (zoom capacitor optical system 9) for leading the flux of light from the secondary light source to an irradiated plane and a lighting field diaphragm [ \*\*\*\* ] was constituted from an above-mentioned example so that a focal distance might serve as adjustable, the focal distance of this capacitor optical system may be immobilization substantially.

[0119] As mentioned above, modification of the lighting conditions (exposure conditions to Wafer W) to Reticle R may fluctuate the illumination distribution in the exposure field on Wafer W. In such a case, with the projection aligner of an one-shot exposure mold, the light exposure distribution corresponding to illumination distribution uneven in an exposure field arises, and the light exposure distribution which met in the non-scanning direction arises in a scan mold aligner.

[0120] Since the number of wavefront splitting by the optical integrator is enlarged very much in the case of this operation gestalt, even if it changes lighting conditions (exposure conditions), fluctuation of the illuminance nonuniformity in an irradiated plane and fluctuation of the tele cent rucksack nature of a there are small enough.

[0121] However, when the amount of fluctuation is nonpermissible, it asks for fluctuation of the illumination distribution in the exposure field accompanying modification of the lighting conditions (exposure conditions to Wafer W) to Reticle R beforehand, and it is desirable to amend illumination distribution (light exposure distribution along a non-scanning direction (the direction of X)) at the time of lighting condition (or exposure conditions) modification.

[0122] It is the technique to which some [ at least ] lens groups which constitute :(1)

zoom capacitor optical system 9, for example are moved [ as this technique of carrying out illuminance distribution (or light exposure distribution) amendment ] about an one direction at least among the hands of cut centering on the direction of an optical axis, the optical-axis rectangular cross direction, and the optical-axis rectangular cross direction.;

(2) The technique of only two or more groups which serve as a mutually different include-angle property preparing the filter which has the include-angle property that permeability differs according to whenever [ incident angle ] into the optical path between the optical integrator 7 and the zoom capacitor optical system 9 (the optical path from which the beam of light injected from the optical axis of the secondary light source becomes un-parallel to an optical axis), and exchanging the filter of these two or more groups, or the technique of adjusting whenever [ angle-of-inclination / of a filter ] in addition to filter exchange;

(3) The technique which makes deform so that the aperture width which is an optical path by the side of the light source, and met the scanning direction rather than the optical integrator in the opening configuration of technique; which only two or more groups prepare the permeability distribution controller material for being mostly positioned by conjugate with an irradiated plane and adjusting permeability distribution so that it may become mutually different permeability distribution, and exchanges the permeability distribution controller material of these two or more groups, and (4) lighting field diaphragm 10 may have predetermined distribution in a non-scanning direction;

There is \*\*\*\*. Illumination distribution on an irradiated plane can be considered as distribution of arbitration by combining the technique of either of the technique of - (3), or above-mentioned (1) above-mentioned (1) - (3) with arbitration in the projection aligner of an one-shot exposure mold. Moreover, the light exposure distribution in the non-scanning direction on an irradiated plane is controllable by the scan mold aligner to arbitration by combining the technique of either of the technique of - (4), or above-mentioned (1) above-mentioned (1) - (4) with arbitration.

[0123] In addition, the technique currently indicated by JP,10-275771,A etc. can be used for the technique of the above (1). Moreover, the technique currently indicated by JP,9-190969,A can be used for the technique of the above (2). And the technique of the above (3) should just prepare the permeability distribution controller material indicated by above-mentioned JP,64-42821,A, JP,7-130600,A, JP,9-223661,A, JP,10-319321,A, JP,2000-21750,A, JP,2000-39505,A, WO 99/No. 36832 official report, etc. exchangeable. The technique currently indicated by JP,7-142313,A, JP,10-340854,A, JP,2000-58442,A,

JP,2000-82655,A, JP,2000-114164,A, etc. can be used for the technique of the above (4).

[0124] In addition, about the amendment technique of illuminance nonuniformity, the technique of measuring fluctuation of the illumination distribution on Wafer W at the time of modification of lighting conditions other than the technique of asking for fluctuation of the illumination distribution in the exposure field accompanying modification of the lighting conditions (exposure conditions to Wafer W) to Reticle R beforehand, and amending the measured amount of fluctuation may be used.

[0125] Moreover, as the amendment approach of fluctuation of tele cent rucksack nature, the technique of adjusting the location of the direction of an optical axis of the optical integrator 7, for example, the technique of leaning some lens groups of the zoom capacitor optical system 9, etc. are mentioned.

[0126] Now, in an above-mentioned operation gestalt, although the diffracted-light study components 51-53 were used in order to form the secondary light source of a zona-orbicularis configuration, a multipole configuration, and a circle configuration without quantity of light loss, the dioptrics component which forms the lighting field of a zona-orbicularis configuration, a multipole configuration, or a circle configuration in a far field according to a refraction operation may be used instead of a diffracted-light study component. As such a dioptrics component, it is indicated by WO 99/No. 49505 official report, for example.

[0127] by the way, not only in each lens element which constitutes each lens element (lens element in the afocal zoom optical system 4, the zoom optical system 6, the zoom capacitor optical system 9, and the lighting field-diaphragm image formation optical system 11) which constitutes illumination-light study equipment, and projection optics PL in this operation gestalt the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- the antireflection film with which acid resisting was made about the wavelength of the illumination light is formed in 53, 75, and the front face of cover glass 73 and 74. especially -- the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- since the antireflection film is formed in 53 and 75, it is possible to suppress acid resisting here and to raise the illuminance on an irradiated plane efficiently. Since there is especially quantity of light loss by diffraction efficiency not being 100% about a diffracted-light study component, reduction of the quantity of light loss by this antireflection film is important when raising the illuminance on an irradiated plane.

[0128] Here as an ingredient which constitutes an antireflection film AlF<sub>3</sub> ; BaF<sub>2</sub> (Aluminum fluoride) ; CaF<sub>2</sub> (Barium fluoride) ; CeF<sub>3</sub> (Calcium fluoride) ; CsF (Cerous fluoride) ; ErF<sub>3</sub> (Cesium fluoride) ; GdF<sub>3</sub> ((Erbium) Fluoride) ; HfF<sub>2</sub> (Fluoride

GADOMIUMU) LaF<sub>3</sub> ((Hafnium) Fluoride) ; LiF (Fluoride lanthanum) ; MgF<sub>2</sub> (Lithium fluoride) ; NaF (Magnesium fluoride) ; Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> (Sodium fluoride) ; Na<sub>5</sub>aluminum3F<sub>14</sub> (Cryo light) ; NdF<sub>3</sub> (Thio light) ((Neodymium) Fluoride) ; P. bF<sub>2</sub> ; ScF<sub>3</sub> ((Lead) Fluoride) ; SrF<sub>2</sub> ((Scandium) Fluoride) ; TbF<sub>3</sub> (Strontium fluoride) ; ThF<sub>4</sub> ((Terbium) Fluoride) ; YF<sub>3</sub> ((Thorium) Fluoride) ; YbF<sub>3</sub> ((Yttrium) Fluoride) ; SmF<sub>3</sub> ((Ytterbium) Fluoride) ((Samarium) fluoride) DyF<sub>3</sub> (dysprosium fluoride) PrF<sub>3</sub> (praseodymium fluoride) ; EuF<sub>3</sub> (europium fluoride) ; HoF<sub>3</sub> (holmium fluoride) ; fluoride [ bismuth ] (BiF<sub>2</sub>) ; tetrafluoroethylene resin (polytetrafluoroethylene, PTFE) ; fluoride-salt-sized methylene resin (polychlorotrifluoroethylene resin, PCTFE), Polyvinyl fluoride (the Pori vinyl fluoride, PVF), a tetrafluoroethylene-6 fluoride propylene copolymer (ethylene propylene fluoride resin, FEP), Polyvinylidene fluoride resin (polyvinylidene fluoride, PVDF), And polyacetal Fluororesin; aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminum oxide) ; SiO<sub>2</sub> (silicon oxide) ; GeO<sub>2</sub> (germanium dioxide) ; ZrO<sub>2</sub> (zirconium dioxide) ; TiO<sub>2</sub> (titanium oxide) ; Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> which consists of at least one ingredient chosen from the group which consists of (POM) ; Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tantalum oxide) ; HfO<sub>2</sub> (Niobium oxide) ; CeO<sub>2</sub> (Oxidation hafnium) ; MgO (Cerium oxide) ; Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Magnesium oxide) ; Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Neodymium oxide) ; ThO<sub>2</sub> (Oxidation gadolinium) ; (Thorium dioxide) Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oxidation yttrium) ; Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (scandium oxide) ; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (lanthanum oxide) ; Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub> (oxidation praseodymium) ZnO (zinc oxide) ; PbO (lead oxide) ; [ The mixture group which consists of two or more ingredients chosen from the group of silicon oxide ] And the mixture group and conjugated compound group which consist of two or more ingredients chosen from the group of conjugated compound group; and an oxidation hafnium; mixture group and conjugated compound group; which consists of two or more ingredients chosen from the group of an aluminum oxide is mentioned.

[0129] Therefore, with this operation gestalt, one or more kinds of ingredients chosen from the above-mentioned group are used as an ingredient of an antireflection film. the antireflection film which consists of the above-mentioned ingredient here -- the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- as the technique formed in 53 and 75 -- vacuum evaporation technique, ion assistant vacuum deposition, the ion plating method, the ionized cluster beam method, the sputtering method, the ion beam sputtering method, and CVD (chemical vacuum deposition) -- law, a dip coating method, a spin coating method, a meniscus coating method, a sol gel process, etc. are applicable.

[0130] here -- easy -- the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- the 53 or 75 manufacture technique is explained. First, configuration distribution of the lens side of a micro-lens array or distribution of the diffraction

pattern of a diffracted-light study component is designed. Next, the exposure original edition is created based on a design data. And the substrate of a micro-lens array or a diffracted-light study component is prepared, and a photosensitive ingredient is applied on the substrate concerned. The pattern on the exposure original edition is imprinted by the technique of lithography to the substrate with which sensitive material was applied. Then, the substrate concerned is developed and a substrate is etched by using the developed pattern as a mask. On a substrate, two or more lens sides (in the case of a micro-lens array) or a diffraction pattern (diffracted-light study component) is formed of this etching. In addition, at once, the step of this exposure, development, and etching is not limited. Then, a photosensitive ingredient is removed from a substrate, the thin film which consists of the above-mentioned ingredient is formed in a substrate front face by above-mentioned technique to the substrate with which two or more lens sides (in the case of a micro-lens array) or a diffraction pattern (diffracted-light study component) was formed, and an antireflection film is formed.

[0131] thereby the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- the flare light by the quantity of light loss by 53 and 75 and reflection by these interfaces is reduced, and illuminance homogeneity becomes possible [ raising the illuminance on an irradiated plane (on the Wth page of a wafer) by the good basis ].

[0132] in addition, the micro-lens arrays 31, 32, 71, and 72 and diffracted-light study component 51- as an ingredient of the substrate for forming 53 and 75, quartz glass and the quartz glass with which fluorite and a fluorine were doped can be used. In addition, when the precision of etching is taken into consideration, it is desirable to use the quartz glass with which quartz glass or a fluorine was doped as a substrate ingredient. Moreover, in case the wavelength (157nm) of F2 laser is used as illumination light, it is desirable to use the quartz glass with which the fluorine was doped as a substrate ingredient.

[0133] Although the above explanation explained the case where the wavefront-splitting mold optical integrator (a micro-lens array, fly eye lens) which has the microlens side arranged in the shape of a two-dimensional matrix as an optical integrator was applied, the internal reflection mold optical integrator (a rod mold optical integrator, an optical tunnel, optical pipeline) using the internal reflection of a pillar-shaped optical member as an optical integrator can also be used. In this case, what is necessary is just to arrange the internal reflection mold optical integrator positioned so that an irradiation labor attendant might serve as condensing optical system for forming the far field field of the diffracted-light study component 75 on the optical plane of incidence of an internal reflection mold optical integrator instead of the micro-lens arrays 71 and 72

and the zoom capacitor optical system 9 in the optical integrator 7 of drawing 1 (a) a lighting field-diaphragm location or near that location. In this case, since the magnitude of the effectiveness that damage on the optical plane of incidence concerned can be reduced since the magnitude of the condensing point of the location of the optical plane of incidence of an internal reflection mold optical integrator is expandable with the diffracted-light study component 75, and the virtual image of two or more light sources formed in the optical plane of incidence concerned itself is expandable with the diffracted-light study component 75, it is effective in a setup of a continuous sigma value being attained.

[0134] In addition, in an above-mentioned operation gestalt, although explained taking the case of the scan mold aligner, this invention is applicable also to a package mold aligner. Moreover, the projection scale factor of projection optics can also be made not only into a contraction scale factor but into magnifying power and actual size. Furthermore as projection optics, both refraction mold optical system reflective refraction mold optical system and total reflection mold optical system are applicable.

[0135] Moreover, in an above-mentioned operation gestalt, although wavelength which the light source 1 supplies was set to 248nm or 193nm, F2 laser which supplies the light of a vacuum-ultraviolet region with a wavelength of 157nm as the light source 1 may be used.

[0136] Thus, this invention is not limited to the operation gestalt mentioned above, but deformation various by within the limits of this invention is possible for it.

[0137]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, when the damage to the optical member in illumination-light study equipment can be reduced, improvement in the lighting effectiveness of illumination-light study equipment can be aimed at and it applies to a projection aligner, improvement in the image formation engine performance can be aimed at.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the rough configuration of the projection aligner with which the illumination-light study equipment concerning the operation gestalt of this invention was applied.

[Drawing 2] It is drawing showing the operation gestalt of the diffracted-light study component as a light source augmentation means of this invention.

[Drawing 3] It is drawing for explaining the function of a micro-lens array.

[Drawing 4] It is drawing for explaining the function of the diffracted-light study component as a light source augmentation means.

[Drawing 5] It is drawing for explaining the function of the diffracted-light study component as a light source augmentation means.

[Drawing 6] It is drawing for explaining the effectiveness of a light source augmentation means.

[Drawing 7] It is drawing showing the protection-from-light pattern prepared in cover glass.

[Drawing 8] It is drawing showing another protection-from-light pattern prepared in cover glass.

[Description of Notations]

7: Optical Integrator

75: Diffracted-light study component (light source augmentation means)

73 74: Cover glass

---

#### NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.